Meio Ambiente:
Enfoque Socioambiental e Interdisciplinar

Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco
Mauricio Zadra Pacheco
(Organizadores)

Atena Editora
Ano 2021

Meio Ambiente:
Enfoque Socioambiental e Interdisciplinar

Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco
Mauricio Zadra Pacheco
(Organizadores)

Atena Editora
Ano 2021

Editora Chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Assistentes Editoriais
Natalia Oliveira
Bruno Oliveira
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto Gráfico e Diagramação
Natália Sandrini de Azevedo
Camila Alves de Cremo
Luiza Alves Batista
Maria Alice Pinheiro
Imagens da Capa
Shutterstock
Edição de Arte
Luiza Alves Batista
Revisão
Os Autores

2021 *by Atena Editora*
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2021 Os autores
Copyright da Edição © 2021 Atena Editora
Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial
Ciências Humanas e Sociais Aplicadas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Atena Editora
Ano 2021

Multidisciplinar

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Atena Editora
Ano 2021

Ciências Biológicas e da Saúde
Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias
Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Atena Editora
Ano 2021

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes
Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª DrªFernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico
Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Atena Editora
Ano 2021

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Atena Editora
Ano 2021

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Atena Editora
Ano 2021

Meio ambiente: enfoque socioambiental e interdisciplinar

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco
Mauricio Zadra Pacheco

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M514 Meio ambiente: enfoque socioambiental e interdisciplinar / Organizadores Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco, Mauricio Zadra Pacheco. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-042-8
DOI 10.22533/at.ed.428211005

1. Meio ambiente. I. Pacheco, Juliana Thaisa Rodrigues (Organizadora). I. Pacheco, Mauricio Zadra (Organizador). III. Título.

CDD 577

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

Ano 2021

Multidisciplinar

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

Multidisciplinar

Atena Editora
Ano 2021

APRESENTAÇÃO

A coleção “Meio Ambiente: Enfoque Socioambiental e Interdisciplinar” volumes 1 e 2 traz o necessário e urgente debate sobre a questão ambiental, apresentam importantes reflexões sobre desenvolvimento sustentável, e a temática do Meio Ambiente e sua faceta multidisciplinar.

O volume 1 aborda com riqueza as questões ambientais e científicas que impactam na preservação do meio, a influência dos produtos nativos na sociedade e sua utilização em ações que promovam a cíclica renovação deste mesmo meio.

Os 17 artigos perpassam por temas que se harmonizam e geram conhecimento fundamental à sociedade tanto a nível de promoção do progresso como a própria ação do ser humano como agente transformador desse meio.

Tendo como alvo pesquisadores e discentes, mas também como uma agradável referência para o leitor que busca conhecimento sobre este importante tema, a obra perpassa por áreas como desenvolvimento econômico, cadeia produtiva, utilização de óleos essenciais, geotecnologias e a promoção de políticas públicas.

Desta maneira, a obra “Meio Ambiente: Enfoque Socioambiental e Interdisciplinar - Volume 1”, traz à tona as experiências e estudos desenvolvidos pelos autores, sejam professores, acadêmicos ou pesquisadores, de maneira fluente e precisa.

A obra “Meio Ambiente: Enfoque Socioambiental e Interdisciplinar - Volume 2” é uma prazerosa leitura, seja com objetivo específico para consulta bibliográfica em um dos temas abordados, seja com objetivo de busca de conhecimento em diversas áreas, construindo conhecimento multidisciplinar através dos diversos enfoques apresentados pelos artigos deste volume.

Em 18 artigos apresentados nesse volume 2, apresenta-se a temática da Educação Ambiental como ponto focal, bem como temas que remetem à revisão da legislação ambiental, à caracterização do ambiente regional, identificação de bactérias presentes no meio ambiente brasileiro para a produção de vinho até a construção de ilhas flutuantes utilizando material reciclável.

Um leque de áreas, ações e projetos que contribuem sobremaneira para com o estudo sério e complexo que o tema exige, abordando a contribuição dos mais diversos eixos científicos na construção do saber.

A Atena Editora, como meio de promoção do conhecimento científico, tem em sua plataforma o comprometimento com a divulgação dos trabalhos seriamente desenvolvidos por professores e pesquisadores.

O compromisso com a veracidade científica, a difusão do conhecimento e a consolidação de projetos promotores da interdisciplinaridade no estudo do Meio Ambiente, com enfoque também no social são a marca desse e-book, evidenciando a Atena Editora

como plataforma consolidada para exposição e divulgação de ciência no Brasil.

A todos, uma ótima leitura!

Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco
Mauricio Zadra Pacheco

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 1

ESTUDO DA SAÚDE E DOS RISCOS AMBIENTAIS DAS MARISQUEIRAS DE SÃO FRANCISCO DO CONDE - BA

Lin Kan
Rita Maria Weste Nano
Wagna Piler Carvalho dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.4282110051

CAPÍTULO 2 24

QUALIDADE AMBIENTAL X AÇÕES ANTRÓPICAS: ESTUDO DE CASO EM UM FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA, JARAGUÁ DO SUL, SC

Mário Cesar Sedrez
Anderson José Antonietti
Miriam Hennig
Patrícia de Assis
Thomas Saalfeld Silva

DOI 10.22533/at.ed.4282110052

CAPÍTULO 3 33

MEDIDAS MITIGATÓRIAS PARA A RECUPERAÇÃO DE UM CÓRREGO E MATA CILIAR, EM JARAGUÁ DO SUL, SANTA CATARINA, BRASIL

Anderson José Antonietti
Mário Cesar Sedrez
Miriam Hennig
Thomas Saalfeld Silva
Patrícia de Assis

DOI 10.22533/at.ed.4282110053

CAPÍTULO 4 44

CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA PROVENIENTE DA PALHA DO MILHO *Zea mays* PARA ANÁLISE DA VIABILIDADE DE PRODUÇÃO DE BRIQUETE

Isaac Anderson Alves de Moura
Joelda Dantas
Nyara Aschoff Cavalcanti Figueirêdo
Rogério Moura Maia
Daguimar Ferreira de Sousa
Ingrid Lélis Ricarte Cavalcanti
Riuzuani Michelle Bezerra Pedrosa Lopes

DOI 10.22533/at.ed.4282110054

CAPÍTULO 5 54

CINÉTICA DE DECAIMENTO DE PATÓGENOS ENTÉRICOS EM FARINHA DE CARNE E OSSO SOB CONDIÇÕES SUBTROPICAIS DE TEMPERATURA

Fabiane Toniazzo
Martha Mayumi Higarashi
Nivia Rosana Weber Peter

Daniel Celestino Fornari Bocchese
Helton Araujo Couto Carneiro
Denilson Lorenzatto
Marinara da Silva Machado
Deivid Roque de Moraes
Tainá Seidel Durante
Aline Viancelli
William Michelon
DOI 10.22533/at.ed.4282110055

CAPÍTULO 6.....63

IDENTIFICAÇÃO DE GENES DE RESISTÊNCIA À FERRUGEM-DA-FOLHA EM TRIGO COMO ESTRATÉGIA PARA SEGURANÇA ALIMENTAR E AMBIENTAL
Sabrina Fátima Dreyer
Fátima Husein Abdalla
Sandra Patussi Brammer
Cássia Canzi Ceccon
DOI 10.22533/at.ed.4282110056

CAPÍTULO 7.....75

INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DAS CINZAS DE CARVÃO EM MISTURAS ASFÁLTICAS DENSAS
Estéfani Clara
Breno Salgado Barra
DOI 10.22533/at.ed.4282110057

CAPÍTULO 8.....95

COCOS NUCIFERA L. A REVIEW OF THEIR BIOMASS IN BRAZIL
Lucas dos Santos Azevedo
Simone Ramires
Samuel Vinícios Bonato
Diego Marisco Perez
Beatriz Ferreira Webber
DOI 10.22533/at.ed.4282110058

CAPÍTULO 9.....114

ESTUDO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM EM BALDES COM O USO DE DIFERENTES TIPOS DE INOCULANTES
Ester Pereira de Souza
Lucélia Souza Barbosa
Janaina Anacleto Nunes
Juliano da Cunha Gomes
DOI 10.22533/at.ed.4282110059

CAPÍTULO 10.....123

REMOÇÃO DE PARACETAMOL UTILIZANDO RESÍDUOS DA CASCA DE ARROZ COMO BIOSSORVENTE
Renata Farias Oliveira

Lucas Winter
Nádia Teresinha Schröder
DOI 10.22533/at.ed.42821100510

CAPÍTULO 11 136

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO REPELENTE NATURAL CONTENDO O ÓLEO ESSENCIAL DE ALECRIM (*Rosmarinus officinalis L.*)
Juliane Tormena Bresciani
Ariana Ferrari
Daniele Fernanda Felipe
DOI 10.22533/at.ed.42821100511

CAPÍTULO 12 145

ÓLEOS ESSENCIAIS, UMA ALTERNATIVA AO USO DOS INSETICIDAS NA AGRICULTURA: BREVE REVISÃO
Glaucilane dos Santos Cruz
Ismaela Maria Ferreira de Melo
Carolina Arruda Guedes
Valéria Wanderley Teixeira
Álvaro Aguiar Coelho Teixeira
Maria Clara da Nobrega Ferreira
Kamilla de Andrade Dutra
Daniela Maria do Amaral Ferraz Navarro
Camila Santos Teixeira
Jose Vargas de Oliveira
Catiane Oliveira Souza
DOI 10.22533/at.ed.42821100512

CAPÍTULO 13 154

EFEITOS SUBLETAIS DOS ÓLEOS ESSENCIAIS E DE SEUS COMPOSTOS NA NUTRIÇÃO E REPRODUÇÃO EM INSETOS
Glaucilane dos Santos Cruz
Valeria Wanderley Teixeira
Álvaro Aguiar Coelho Teixeira
José Vargas de Oliveira
Ismaela Maria Ferreira de Melo
Maria Clara da Nobrega Ferreira
Carolina Arruda Guedes
Kamilla de Andrade Dutra
Daniela Maria do Amaral Ferraz Navarro
Catiane Oliveira Souza
DOI 10.22533/at.ed.42821100513

CAPÍTULO 14 164

CONSEQUÊNCIAS DO USO EXCESSIVO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS EM ABELHAS: UMA DAS PROVÁVEIS CAUSAS DO CCD
Catiane Oliveira Souza
Valeria Wanderley Teixeira

Álvaro Aguiar Coelho Teixeira
Glaucilane dos Santos Cruz
Carolina Arruda Guedes
Júlio Cézar dos Santos Nascimento
Camila Santos Teixeira
DOI 10.22533/at.ed.42821100514

CAPÍTULO 15.....172

ESPACIALIZAÇÃO DAS SUBCLASSES DE CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS DE UMA MICROBACIA ATRAVÉS DE GEOPROCESSAMENTO, VISANDO A CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS
Sérgio Campos
Fábio Villar da Silva
Marcelo Campos
DOI 10.22533/at.ed.42821100515

CAPÍTULO 16.....182

FRAGILIDADE AMBIENTAL DO RIBEIRÃO ÁGUA DA LÚCIA – BOTUCATU (SP), VISANDO O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
Sérgio Campos
Felipe de Souza Nogueira Tagliarini
Marcelo Campos
DOI 10.22533/at.ed.42821100516

CAPÍTULO 17.....194

MAPEAMENTO DE VOÇOROCAS NO CINTURÃO VERDE DE ILHA SOLTEIRA (SP)
Adriano Souza
Artur Pantoja Marques
Amandio José Cabral D'Almeida Júnior
DOI 10.22533/at.ed.42821100517

SOBRE OS ORGANIZADORES 207

ÍNDICE REMISSIVO.....208

CAPÍTULO 1

ESTUDO DA SAÚDE E DOS RISCOS AMBIENTAIS DAS MARISQUEIRAS DE SÃO FRANCISCO DO CONDE - BA

Data de aceite: 03/05/2021
Data de submissão:10/02/2021

Lin Kan
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)
Salvador-BA
http://lattes.cnpq.br/7759795180261126

Rita Maria Weste Nano
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)
Salvador-BA
http://lattes.cnpq.br/3662325407439075

Wagna Piler Carvalho dos Santos
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)
Salvador-BA
http://lattes.cnpq.br/7745470765033035

RESUMO: Esse projeto multidisciplinar teve como objetivo de contribuir para a formulação de políticas que promovam a resolução da complexidade característica dos problemas de saúde e melhoria na qualidade de vida das marisqueiras e pescadores artesanais de três comunidades: Muribeca, São Bento e Sede do município de São Francisco do Conde - BA. Esse projeto consistiu-se de dois diagnósticos complementares: o ambiental e o sócio-demográfico com programa de educação ambiental (Ver outro capítulo do livro). O diagnóstico ambiental se preocupou com a saúde das marisqueiras e pescadores no tocante a qualidade da balneabilidade das águas que eles estão constantemente expostos. O diagnóstico também se preocupou com a presença de metais pesados (Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) no sedimento, nos mariscos coletados, consumidos e comercializados e nos peixes comercializados no mercado. Os dez pontos de amostras refletiram a biodiversidade dos mariscos e do ambiente, moluscos como sururus, lambretas e ostras e ambientes desde manguezais pristinos até zonas urbanas degradadas, respectivamente. O Programa de Educação Ambiental foi implementado com duas estratégias distintas. A abordagem coletiva incluiu criação de 4 folhetos e suas distribuições durante as atividades de conscientização ambiental nas escolas de ensino fundamental e médio e instituições de serviços sociais. Enquanto abordagem customizada nas ±570 residências tinha um formato informal de conversa com objetivo de entender e ajudar na saúde e qualidade de vida dessas marisqueiras e pescadores.

PALAVRAS-CHAVE: Marisqueiras, Contaminação ambiental, Sedimentos, Biválvulas.

ENVIRONMENTAL HEALTH RISK STUDIES OF SHELLFISH DIGGERS IN SÃO FRANCISCO DO CONDE - BA

ABSTRACT: The objectives of this interdisciplinary project was to help the municipal government in formulating the social policies in order to improve the health and working and living conditions of local shellfish diggers and fishmen. Three communities (Muribeca, São Bento e Sede) of São Francisco do Conde were

part of this project. This project was made up of two complementary diagnostic studies: environmental study and social-demographic study com environmental education awareness component. The environmental study focused on the effects of water quality and the presence of some heavy metals in sediments and in shellfishes and peixes that were consumed and sold in the local market. Ten locations were strategically selected to reflect the diversity of shellfishes in the area. One of social-demographic study aspects was an environmental education awareness program. The awareness program involved classroom discussion of local environmental problems and distribution of 4 leaflets in local schools and social service institutions. An approximately 570 informal conversations where conducted in the residence of shellfish diggers in order to ascertain their health and living conditions.
KEYWORDS: Shellfish diggers, Environmental Contamination, Sediments, Bivalves.

INTRODUÇÃO

Os principais agentes de contaminação e destruição dos manguezais continuam sendo as construções não autorizadas dentro dos manguezais e lançamentos ilegais dos esgotos domésticos in natura que provocam doenças de pele, viroses e doenças bacteriológicas nas marisqueiras e pescadores que trabalham e coletam os mariscos nos manguezais. Esses contaminantes bacteriológicos e coliforme fecais contribuem para a eutrofização das águas desempenham um importante papel na dinâmica de regiões costeiras e, consequentemente, nos processos geoquímicos das zonas de manguezal, já que se acumulam naturalmente e podem influenciar sobremaneira a cadeia trófica, que tem como uma forte base de sustentação esse ecossistema vital (LACERDA, 1998).

Existem muitos trabalhos já realizados na Baía de Todos os Santos(BTS), principalmente ao redor da refinaria, esses trabalhos se encontram na forma de relatório de acesso restrito ou confidencial (HATJE, 2009). Essa confidencialidade das informações ambientais provoca não somente o desperdício de recursos escassos com a duplicidade de estudos e pesquisas, mas também dificulta a construção de uma cultura participativa, transparente, e de sustentabilidade sócio-ambiental. O trabalho inicial consistiu em levantar/compilar os relatórios, estudos, pesquisas existentes sobre saúde ambiental em São Francisco do Conde nas universidades, órgãos públicos federais, estaduais e municipais, e empresas e tentar promover a criação de um repositório de informação no município.

O Programa Bahia Azul contribuiu significativamente para a nossa melhor compreensão da Baía de Todos os Santos. O modelo matemático-hidrodinâmico, SisBAHIA, desenvolvido pelo Consórcio Hydros CH2M Hill (CONSÓRCIO, 2001), e os dados de campo confirmaram algumas condições gerais na baía e em torno de pontos já conhecidos de lançamento de efluentes. Mas muito pouco ainda se sabe das áreas que não foram objetos diretos do programa.

Algumas conclusões dos principais diagnósticos ambientais em relação ao município de São Francisco do Conde foram:

1. As águas são impróprias para o banho de mar devido ao lançamento descontrolado de esgoto doméstico. Em outubro de 2009, a Secretaria Municipal de Saúde atribuiu o lançamento inapropriado de esgoto como causa do surto e taxas crescentes de esquistossomose em algumas comunidades sanfranciscanas;

2. As correntes de águas que banham a região do Rio Mataripe, a sede do município, as duas margens da Ilha de Cajaíba, e Ponto de Ferrolho são de baixa energia com capacidade limitada de renovação e sem forças convectivas que possam transportar esses contaminantes para as regiões mais afastadas das costas/manguezais.

3. Íons metálicos provenientes das atividades petrolíferas contribuem para o comprometimento ambiental dos ecossistemas ao redor das instalações e os mesmos contribuem para a alteração das comunidades bióticas na BTS (TAVARES, 1996; CRA, 2004);

4. A presença dos metais (Cu, Cr, Pb, Zn, Ni) nos mariscos encontra-se em média abaixo da legislação para consumo humano e os mesmos também encontram-se abaixo da média comparados aos outros manguezais do Brasil. (NANO, 2006; QUEIROZ, 2008)

Os corpos dirigentes da SMS (Secretaria municipal da saúde) e da SEMAP (Secretarias de meio ambiente, agricultura e pesca) nos revelaram separadamente que poucos dados sólidos existem ou são disponíveis na área interdisciplinar em saúde ambiental com enfoque nas marisqueiras e pescadores artesanais de São Francisco do Conde. Assim esse projeto, tem como propósito colaborar na promoção da qualidade de vida e saúde das marisqueiras e pescadores artesanais no município de São Francisco do Conde através de uma abordagem interdisciplinar integrada de meio ambiente e saúde e educação.

As três comunidades de Muribeca/Ponta de Coco, São Bento/Drena e Sede foram selecionadas para os diagnósticos após ratificação com vários lideres de marisqueiras e pescadores artesanais que as essas comunidades têm grande número de marisqueiras/pescadores e são representativas da realidade da população afetada. Mesmo com o maior número de pescadores e localizada adjacente a refinaria, a comunidade de Caípe não foi escolhida; pois já existem muitos estudos nas áreas lindeiras da refinaria e do Terminal de Madre de Deus. O mesmo não pode ser dito em relação à essas comunidades.

A seleção estratégica dessas três comunidades também se baseou nas diferenças física-geográficas na cadeia produtiva de mariscos. Mesmo sendo uma área de energia média, a velocidade das águas ao redor da Sede e São Bento é significativamente maior que Muribeca, que possui uma das menores capacidades de renovação. Essa diferença em capacidade de renovação das águas aumenta a deposição de contaminantes no sedimento e provavelmente tem maior bioacumulação nas espécies que habitam a área. Soma-se

ainda o fato de que em nessas comunidades são coletados diferentes mariscos. Os sururus (mytella guyanensis) e ostras (crassostrea rhizophorae) dominantes na Sede/São Bento, enquanto as lambretas (lucina pectinata) e sururus (mytella guyanensis) são prevalentes em Muribeca.

O projeto consistiu de dois diagnósticos complementares e um programa de educação ambiental com duas estratégias distintas. Os dois diagnósticos foram: diagnóstico ambiental e diagnóstico sócio-demográfico. As duas estratégias do programa de educação foram: abordagem coletiva nas escolas e instituições de serviços sociais; e abordagem individual e customizada de equipe de pesquisadores durante os 45~50 minutos da entrevista no domicílio das marisqueiras e pescadores.

As lideranças locais informaram que essas comunidades agregam grande número de pescadores e marisqueiras e considerando a importância dos mariscos e peixes como alimento de alto valor cultural e/ou nutricional em São Francisco do Conde, e potencialmente a sua principal fonte de alimento. A quantificação analítica dos metais pesados (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) nos mariscos coletados, comercializados e/ou consumidos e nos peixes comercializados no município é um dos objetivos deste trabalho, uma vez que a presença de metais nestes alimentos podem causar problemas à saúde da população na realidade atual. As análises de metais pesados também incluíram o estudo de biodisponibilidades desses metais na cadeia alimentar no futuro próximo.

As crescentes construções ilegais nos manguezais e a falta de saneamento básico nas comunidades continuam contribuindo significativamente para a degradação da saúde ambiental dos próprios pescadores e marisqueiras. Com esse intuito, o estudo de balneabilidade das águas superficiais também foi incluído no projeto para subsidiar as decisões da gestão pública em relação à saúde das marisqueiras e pescadores.

Em resumo. O diagnóstico ambiental se preocupou com a saúde das marisqueiras e pescadores no tocante a qualidade da balneabilidade das águas que estão constantemente expostas e a presença de metais pesados no sedimento, nos mariscos e nos peixes consumidos e comercializados. Os contaminantes analisados foram: coliforme termotolerantes e seis metais pesados (Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) mais comuns nos efluentes industriais. As mídias analisadas foram: água superficial, sedimentos, e mariscos (sururus, lambretas e ostras) e peixes. As amostras ambientais foram coletadas em janeiro e dezembro de 2011.

Na pesquisa de diagnóstico sócio-demográfico foi realizado o levantamento socioambiental, com utilização de questionário que dê conta dos aspectos demográficos, sociais, identificação de riscos e aspectos relativos a contaminação ambiental. O questionário foi aplicado por 3 pesquisadores locais devidamente capacitados e supervisionados pelo coordenadores de pesquisa. Aproximadamente 570 entrevistas de 45~50 minutos cada uma foram conduzidas entre julho de 2011 e março de 2012. As informações coletadas foram analisadas com o uso do EPIINFO e os resultados e as conclusões aparecem no capítulo

“Saúde Ambiental: Condições e Moradia e Trabalho das Marisqueiras e Pescadores em São Francisco do Conde/Ba” desse livro.

As ações do Programa de Educação Ambiental foram muito além das atividades “standard” de palestras, oficinas e workshops de conscientização coletiva nas escolas municipais e instituições de serviços sociais com a criação e distribuição de cartilhas. A equipe de três pesquisadores locais aproveitou bastante as oportunidades fornecidas no preenchimento do questionário para uma conversa informal num ambiente “non-threat” no ponto de vista das marisqueiras e pescadores para bate papo sobre temas que podem melhoram a saúde e a qualidade de vida dessa população.

OBJETIVOS

O projeto teve o objetivo global de fornecer subsídios técnicos e científicos para a implementação de políticas públicas em:

1. Melhoria da saúde da população de marisqueiras e pescadores de Muribeca/Ponta de Coco; São Bento/Drena e Sede;

2. Conservação dos patrimônios ambiental dos manguezais e cultural das marisqueiras e pescadores da região.

O diagnóstico ambiental teve como objetivos:

3. Avaliar a balneabilidade das águas nas três sub-regiões: Muribeca, São Bento e Sede que as marisqueiras e pescadores estão em constante exposição;

4. Avaliar as condições químicas (metais pesados) nos sururus (São Bento/Drena e Muribeca), nas lambretas (Muribeca/Ponta do Coco), e nas ostras (São Bento e Sede) que são coletados, comercializados e consumidos pelas marisqueiras;

5. Avaliar as condições químicas dos peixes vendidos no entreposto de comércio no município;

6. Avaliar as condições químicas dos sedimentos em que as marisqueiras estão em constante exposição;

7. Avaliar a biodisponibilidade dos metais presentes no sedimento na cadeia alimentar.

O programa de educação ambiental teve como objetivos:

8. Promover a conscientização ambiental dos jovens nas escolas e instituições de serviços sociais através de folhetos e cartilhas;

9. Fomentar boas práticas de higiene e disseminar informações sobre saúde ambiental nas entrevistas nos domicílios das marisqueiras;

10. Promover conjuntamente com a secretaria municipal de educação a implantação de Programa de educação ambiental para a conservação dos manguezais.

MATERIAIS E METODOLOGIA

Visitas de exploração e reconhecimento, subsidiados com informações ambientais e antrópicas, definiram os 10 (dez) pontos de amostragem em zonas no interior do manguezal das comunidades de Muribeca/Ponto de Coco, São Bento/Drena e Sede. A Figura 1 mostra localizações nos mapas e a Tabela 1 lista as coordenadas geográficas.

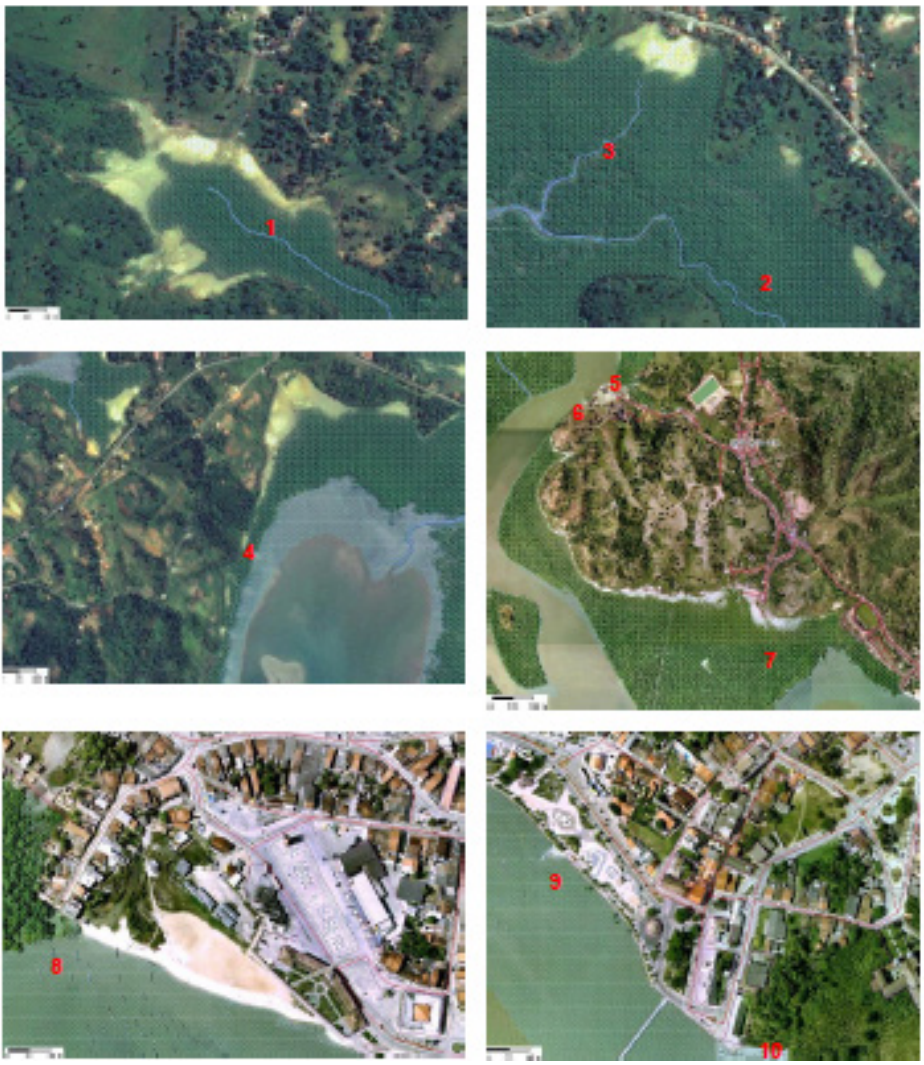


Figura 1: Localização dos dez pontos de amostragem nas comunidades de Muribeca/Ponta de Coco, São Bento/Drena e Sede. (www.googleearth.com)

Ponto	Localização	Latitude	Longitude
1	Muribeca	12º 42' 16,86"S	38º 36' 20,38" O
2	Muribeca/Ponta de Coco	12º 41' 32,27"S	38º 36' 38,84" O
3	Muribeca/Ponta de Coco	12º 41' 26,39"S	38º 36' 54,53" O
4	Muribeca/Ponta de Coco	12º 41' 43,42"S	38º 37' 36,19" O
5	São Bento	12º 36' 45,15"S	38º 41' 57,51" O
6	São Bento	12º 36' 47,63"S	38º 42' 01,74" O
7	São Bento/Drena	12º 37' 33,71"S	38º 41' 28,09" O
8	Sede	12º 37' 40,71"S	38º 41' 01,58" O
9	Sede	12º 37' 48,93"S	38º 40' 48,90" O
10	Sede	12º 37' 54,88"S	38º 40' 39,62" O

Tabela 1: Coordenadas Geográficas dos Pontos de Coletas

Águas Superficiais - Balneabilidade

As águas superficiais foram coletadas semanalmente durante 6 semanas em novembro/dezembro de 2010. A coleta e acondicionamento seguiram os critérios da Resolução 274. O recipiente de plástico esterilizado de 120ml é submerso e preenchido até a boca e tampado sem deixar bolha de ar no recipiente. O preservante, tiosulfato de sódio, á adicionado a cada recipiente e refrigerado a 4ºC. As amostras são transportadas para o laboratório e preparadas para análises de colônias de Coliformes Termotolerantes em menos de 24 horas. O protocolo de análise segue método 9222 A,B e D do Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 21st Ed. A periodicidade das amostragem cumpriu o exigido na Portaria 518/GM de 25/03/2004 do Ministério da Saúde.

Metais Pesados nos Mariscos & Peixes

As atividades de coleta de amostras de mariscos, peixes e sedimentos ocorreram ao longo de dezembro de 2011 com os apoios incisivos das marisqueiras das comunidades durante a coleta e SMS na logística no processo de pré-tratamento dos mariscos e peixes.

Pré-tratamento. Em média, 120 indivíduos de sururus (mytella guyanensis) foram coletados em cada ponto de amostragem e acondicionados em sacos plásticos. Os sururus passaram por 4~5 etapas de limpeza da superfície externa da concha com água deionizada, em seguida, com o auxílio de uma espátula plástica, a concha do sururu foi aberta. O tecido mole (carne) foi cuidadosamente separado da valva, colocado em frasco plástico e acondicionado no congelador e transportado para o laboratório para tratamento posterior. O procedimento similar foi usado nas lambretas(lucina pectinata) e ostras(crassostrea rhizophorae). Por esses terem mais tecidos, menor números de indivíduos compuseram cada amostra. No caso de peixes, as escamas foram removidas e os filés de vários

indivíduos foram separados e misturados formando amostras compósitas. Os files foram acondicionados em sacos plásticos, congelados e transportados para o laboratório para um tratamento posterior.

Tratamento primário. No laboratório, as amostras de moluscos (lambreta, sururu e ostra) e peixes foram liofilizadas em liofilizador Liobras Liotop modelo L101 (São Carlos, São Paulo) por 48h. Após liofilização, as amostras foram cominuídas em moinho de bolas modelo 8000 M (Spex Sample Prep, USA) com frasco e esferas de carbeto de tungstênio. As amostras moídas foram acondicionadas em frascos plásticos descontaminados e armazenadas em local seco a temperatura ambiente.

Tratamento secundário-decomposição. A exatidão do procedimento experimental, foi confirmado com o uso do material de referência certificado do NIST tecido de ostra 1566b. Para a decomposição das amostras, foram pesadas 0,50g das amostras de marisco e do material de referência certificado com precisão de ± 0,0001g empregando-se balança analítica BL 210S SARTORIUS (Alemanha). As digestões das amostras usando sistema condutivo aberto foram conduzidas empregando-se bloco digestor (TECNAL, São Paulo, Brasil). Aos tubos de digestão foram adicionados 1,0 mL de HCl 37% (m/m) e 1,0 mL de HNO3 65% (m/m) e acoplado um "dedo frio" preenchido com água destilada. O sistema ficou reagindo overnight no bloco digestor a uma temperatura de 50°C. Concluída esta etapa, 3,0 mL de H_2O_2 30% (v/v) foram acrescentados aos tubos e gradualmente a temperatura do bloco foi aumentada, até aproximadamente 140°C, a partir do momento que a temperatura estabilizou, a digestão foi realizada por 4 horas. Concluída a digestão, os tubos foram retirados do bloco digestor e deixou-se esfriar por 30 minutos. A solução de coloração amarela foi transferida para um balão volumétrico de 25,00 mL com o auxílio de um funil e papel de filtro, e o volume foi completado com água ultrapura. Por fim, as soluções obtidas foram transferidas e armazenadas em frascos de polietileno descontaminados. Foram realizados ensaios em branco e todos os experimentos foram conduzidos em triplicata. Utilizando a técnica de ICP-OES, foi determinada a concentração de metais como Cd, Cu, Ni, Pb e Zn.

Todas as soluções analíticas foram preparadas a partir de soluções padrão estoque contendo 1000 mg L^{-1} de Cd, Cu, Ni, Pb e Zn, rastreáveis ao padrão NIST((*National Institute of Standards and Technology*, Gaithersburg, Maryland, USA). A água utilizada foi de qualidade ultrapura, com resistividade específica de 18,2 MΩ cm^{-1}, de um sistema de purificação Milli-Q® (Millipore, Bedford, MA, USA). Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico. Os seguintes reagentes foram utilizados na decomposição das amostras: ácido clorídrico (Merck, Alemanha), ácido nítrico (Merck, Alemanha) e peróxido de hidrogênio 30% m/v (Merck, Alemanha). Para a determinação da acidez residual dos digeridos procedeu-se titulação usando os reagentes hidróxido de sódio (Reagen, Brasil) e hidrogenoftalato de potássio padrão ACS (EUA).

Para a determinação de Cd, Cu, Ni, Pb, e Zn foi empregado o espectrômetro de emissão óptica com plasma de argônio indutivamente acoplado (ICP-OES) simultâneo com visão axial VISTA PRO (Varian, Mulgrave, Austrália). Este instrumento é equipado com detector de estado sólido com arranjo CCD (dispositivo de carga acoplada) e opera em comprimentos de onda na faixa de 167 a 785 nm. O sistema óptico do ICP OES foi calibrado com solução de referência multielementar, o alinhamento da tocha foi realizado com uma solução de Mn 5,0 mg L^{-1}. As linhas espectrais foram selecionadas considerando-se as intensidades dos sinais de emissão dos analitos e do sinal de fundo, o desvio padrão das medidas, a sensibilidade adequada para a determinação dos elementos presentes em altas e baixas concentrações nas matrizes, bem como o perfil dos espectros e a possibilidade de interferências. A quantificação de Hg foi direcionada para um laboratório privado com experiência e de renome nacional.

Metais Pesados nos Sedimentos

As amostras de sedimento foram coletadas em duplicada com o auxílio de uma colher de plástico em frascos de polietileno previamente limpos com ácido nítrico 50 % (v/v) e água ultra-pura. As amostras compostas foram coletadas numa profundidade média de 50cm num raio de aproximadamente 1~2 metros e comisturadas, lacradas, condicionadas a 4^{o}C devida à extrema volatilidade e reatividade do sulfeto com o ar atmosférico e assim ocasionar perda do sulfeto. No laboratório, a quantificação dos metais pesados no sedimento seguiu protocolo similar aos usados para os tecidos dos moluscos: extração, filtração, análise no ICP-OES.

Biodisponibilidade dos Metais Pesados na Cadeia Alimentar

A razão entre SEM/AVS é utilizado como teste de biodisponibilidades dos metais pesados para participar da cadeia alimentar. SEM e AVS significam Simultaneously Extracted Metal e Acid-Volatile Sulfides, respectivamente. A descrição completa do procedimento encontra-se nos Métodos 200.4 e 200.8 do EPA.

No laboratório, cerca de 3,0000g foi digerido, agitado, destilado com 20 ml de 6M HCl e depois com 40 ml de 1M NaOH num equipamento de AVS(vidraria customizada e fechada) com a circulação de N_2. O destilado é filtrado e guardado para as etapas seguintes. A solução ácida do destilado foi avolumada em balão volumétrico de 50mL, com a água ultra-pura. A quantificação dos metais para SEM no sedimento foi concluído seguindo o procedimento de ICP-OES mencionado anteriormente.

A determinação com AVS, mais precisamente de sulfeto, seguiu o procedimento EPA 18131. A descrição abreviada segue abaixo. Após uma alíquota do destilado foi diluída com água, dois reagentes específicos do Método (composição desconhecida e fornecida por HACH) foram adicionados sequencialmente com intervalo de alguns minutos entre as adições. Após o fim da reação colorimétrica em 5~10 minutos, a concentração de sulfeto é medida no espectrofotômetro na onda de 678nm.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Águas Superficiais – Balneabilidade

A Tabela 2 apresenta a quantidade de Unidade Formadora de Colonia(UFC) para cada decilitro de água. As Tabelas 3 e 4 lista critérios de balneabilidade e classificação das águas, respectivamente.

A variação da maré contribui decisivamente na concentração de coliforme termotolerantes e na balneabilidade. Na zona rural de Muribeca/Ponto do Coco (pontos 1-4) a balneabilidade na maioria do tempo é muito boa/satisfatória. Contudo a contínua expansão dos domicílios nos manguezais já começou afetar a sua balneabilidade. As altíssimas concentrações de coliforme termotolerantes fazem que as águas de São Bento (Pontos 5-7) sejam inapropriadas para banho na maioria do tempo. O despejo incontrolado de esgoto domestico no ponto 8 é refletida nas altíssimas concentrações de coliforme termotolerantes e o banho no local deve ser evitado por completo. Os pontos 9 e 10 na sede também tem alta concentração de coliforme termotolerantes contudo a diluição durante a maré alta faz com que esses locais sejam satisfatórias em alguns momentos.

Pontos & Datas das Coletas		UFC (Unidade Formadora de Colonia)/100ml					
		16/11/10	24/11/10	30/11/10	08/12/10	15/12/10	21/12/10
Muribeca / Ponta do Coco	1	46	240	480	1	560	120
	2	6	130	2.700	1	3	8.000
	3	6	18	96	1	8.600	88
	4	1	410	75	70	8	200
São Bento / Drena	5	2.900	24.000	380	440	16.000	6.000
	6	110	1.200	700	200	6.800	1
	7	800.000	15	600	250	6.400	620
Sede	8	2.400.000	4.800	6.400	280.000	>2.400.000	740
	9	5.000	2.000	38.000	720	26.000	440
	10	2.600	1.600	42	1.200	5.900	680

Tabela 2: Concentração de Coliforme Termotolerantes nas Águas

Excelente	Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 Escherichia coli ou 25 enterococos por 100 mililitros;
Muito Boa	Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 Escherichia coli ou 50 enterococos por 100 mililitros;
Satisfatória	Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 Escherichia coli ou 100 enterococos por 100 mililitros.

Tabela 3: Categoria de Balneabilidade – CONAMA Resolução 274

Classe 1	Para o cultivo de bivalves (15 amostras); < 43 coliforme termotolerantes por 100 ml; 90% deve ser menor que 88/100ml; mínimo de 5 amostras por ano. Para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e sem remoção de película, bem como para a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o publico possa vir a ter contato direto, não devera ser excedido o valor de 200 coliformes termotolerantes por 100mL. Para os demais usos não devera ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com freqüência bimestral.
Classe 2	Coliformes termotolerantes: não devera ser excedido um limite de 2500 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com freqüência bimestral.
Classe 3	Coliformes termotolerantes: não devera ser excedido um limite de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas

Tabela 4: Classificação das Águas Salobras - CONAMA Resolução 357

Dados de 2010 & 2012	BALNEABILIDADE	
	Min-Máx	Qualidade
Pt 1 - Muribeca	1 - 560	Excelente
Pt 2 - Ponta de Coco	1 - 8.000	Muito Bom
Pt 3 - Ponta de Coco	1 - 8.600	Satisfatória
Pt 4 - Ponta de Coco	1 - 410	Excelente
Pt 5 - Esc. Agronomia	380 - 24.000	Imprópria
Pt 6 - Esc. Agronomia	110 - 6.800	Imprópria
Pt 7 - Drena	15 - 800.000	Imprópria
Pt 8 - Babilônia	740 - 2.400.000	Imprópria
Pt 9 – Cam.Vereadores	440 - 38.000	Imprópria
Pt 10 - Seplan	42 - 5.900	Imprópria
CONAMA274: Coliforme Fecais Termotolerantes<2.500		

Tabela 5: Balneabilidade das Águas

A Tabela 5 mostram que a população está exposta a alta taxa de bactérias, organismos e vetores de doenças que contribuem para a insalubridade tanto da população em geral, quanto das marisqueiras e pescadores.

Metais Pesados nos Mariscos & Peixes

Após as medidas realizadas no ICP-OES, foram calculados os teores em massa dos analitos nas amostras de mariscos. Os intervalos de confiança, ao nível de 95% de probabilidade, estão apresentados na Tabela 6. A exatidão do procedimento analítico foi avaliada empregando-se o material de referência certificado de tecido de ostra, com base na comparação dos valores certificados e os obtidos experimentalmente. Observa-se que não há diferença significativa (P<0,05) para os elementos Cd, Cu e Zn.

CRM 1566b	Elementos, mg g^{-1} ± $IC_{95\%}$				
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Valor Certificado	2,48 ± 0,08	71,6 ± 1,6	1,04 ± 0,09	0,308 ± 0,009	1424 ± 46
Valor Obtido	2,48 ± 0,04	69,6 **± 1,2**	0,78 **± 0,21**	< LOQ	1410 ± 2

Tabela 6: Concentrações médias (n=3) e intervalo de confiança ao nível de 95% dos analitos obtidos no material de referência certificado.

A Tabela 7 apresenta a concentração média e o intervalo de confiança dos íons metálicos estudados nas amostras coletadas, bem como as concentrações máximas permitidas para o consumo humano. Os teores médios de Cd e Zn encontram-se acima dos limites máximos preconizados pela legislação brasileira em todos os pontos de coleta e para todas as espécies. Em relação ao Cu, verificou-se que apenas o sururu apresentou concentrações adequadas ao consumo humano. Em relação ao Ni, as lambretas e ostras são adequadas para o consumo. Em relação ao Pb, A concentração nos pontos 1, 2, 3 e 4 está acima do valor preconizado e em contradição, esses pontos são os locais de menor intervenção humana.

Em relação ao local e o ambiente físico-geográfico. Mesmo em ambientes distintos e em áreas diferentes, os níveis de contaminantes nos sururus estão relativamente uniforme, isso nos leva a inferir preliminarmente que a dispersão dos contaminantes metálicos é bastante abrangente e extensiva. Mesmo nas áreas onde o manguezal está em boa condição, e a circulação das águas é somente em função do movimento das marés, e ausência de fonte pontual de poluição, o nível de contaminação de metais pesados nas lambretas foi bastante alto comparado aos locais onde existe alta taxa de movimento convectivo das águas e ausência de manguezais.

Pontos de Coleta		Tipos de Moluscos Cd	Elementos, mg g^{-1} ± $IC_{95\%}$				
			Cu	Ni	Pb	Zn	
Muribeca / Ponta do Coco	1	Sururu	3,91 ± 1,76	17,3 ± 1,7	8,88 ± 1,70	4,10 ± 1,74	51,3 ± 0,9
	2	Lambreta	2,48 ± 0,31	233,5 ± 6,4	2,17 ± 0,39	20,7 ± 0,4	232,3 ± 2,8
	3	Lambreta	5,78 ± 0,07	177,2 ± 4,8	2,41 ± 0,01	15,9 ± 0,8	189,2 ± 0,7
	4	Lambreta	5,74 ± 0,20	352 ± 20	1,28 ± 0,11	21,5 ± 0,8	318 ± 12
São Bento / Drena	5	Ostra	11,0 ± 0,3	80,4 ± 1,4	0,70 ± 0,19	< LD	1804 ± 46
	6	Sururu	2,17 ± 0,12	21,1 ± 1,2	9,72 ± 0,51	1,08 ± 0,15	72,3 ± 11,5
	7	Sururu	4,04 ± 0,09	17,7 ± 0,6	9,26 ± 0,09	1,17 ± 0,07	57,8 ± 0,8
Sede	8	Sururu	4,48 ± 0,09	14,2 ± 0,9	9,50 ± 0,10	1,25 ± 0,31	55,4 ± 0,8
	9	Sururu	1,72 ± 0,11	25,8 ± 0,4	11,3 ± 0,9	1,65 ± 0,58	51,7 ± 3,9
	10	Ostra	16,3 ± 1,2	223,2 ± 7,3	0,96 ± 0,39	0,78 ± 0,25	1059 ± 35
Nível Regulatório			1	30	5	2	50

Tabela 7: Concentrações médias (n=3) e intervalo de confiança ao nível de 95% dos analitos obtidos nas amostras de mariscos e nível regulatório.

Em termos de bioacumulação dos moluscos. Os níveis de Ni nos sururus estão bem acima dos encontrados nas lambretas e ostras, é possível que sururu é melhor bioacumulador de Ni que os outros dois bivalves. No caso de lambretas há potencialmente o fator de bioacumulação de Cu, Pb e Zn; pois os níveis encontrados estão bem acima dos analisados no sururu. Para as ostras podemos concluir preliminarmente que existe o potencial de bioacumulação de Cu e Zn. Esses resultados devem ser interpretados com bastante cautela, pois os ambientes físicos dos pontos de amostragem são distintos e peculiares.

Pontos	Espécies	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
1	Sururu	3,91	17,3	0,12	8,88	4,1	51,3
6	Sururu	2,17	21,1	0,03	9,72	1,1	72,3
7	Sururu	4,04	17,7	0,1	9,26	1,2	57,8
8	Sururu	4,48	14,2	0,03	9,5	1,3	55,4
9	Sururu	1,72	25,8	0,07	11,3	1,7	51,7
2	Lambreta	2,48	233,5	0,03	2,17	20,7	232,2
3	Lambreta	5,78	166,2	0,03	2,41	15,9	189,2
4	Lambreta	5,74	352	0,05	1,28	21,5	318

5	Ostra	11	80,4	0,03	0,7	< LD	1804
10	Ostra	16,3	223,2	0,06	0,96	0,8	1059
NÍVEL REGULATÓRIO		1	30	0,5	5	2	50

Tabela 8: Dados da Tabela 7 mais Dados de Hg do Laboratório Privado

Níveis Regulatórios		1	30	0,5	5	2	50	Fonte Bibliográfica
Local	Espécies	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	
SFC(1)	mytella guyanensis	3,91	17,3	0,12	8,88	4,1	51,3	dado dessa pesquisa
SFC(6)	mytella guyanensis	2,17	21,1	0,03	9,72	1,1	72,3	dado dessa pesquisa
SFC(7)	m. guyanensis	4,04	17,7	0,1	9,26	1,2	57,8	dado dessa pesquisa
SFC(8)	m. guyanensis	4,48	14,2	0,03	9,5	1,3	55,4	dado dessa pesquisa
SFC(9)	m. guyanensis	1,72	25,8	0,07	11,3	1,7	51,7	dado dessa pesquisa
Camamu	m. guyanensis	< LD	6,06	0,11	---	2,59	61,7	Souza 2011
BTS(34)	m. guyanensis	1,42	35,7	0,35	---	19,4	141	Souza 2011
Canada B Chaleurs (6)	m. edulis	1,2	0,82	---	---	18	23	Fraser 2011
Argentina Beagle(GB)	m. edulis chilensis	1,51	5,27	---	---	3,23	99	Duarte 2011
China Bohai Sea	m. edulis	1,15	1,84	0,15	0,2	0,38	18	Wang 2005
Golfo de Suez(VI)	barbatus barbatus	1,38	5,83	---	12,45	8,94	106,6	Hamed 2006
Turquia Mar Marmara(4)	m. gallopro vincialis	0,49	1,31	< LD	---	1,15	65	Mol 2011

Tabela 9: Níveis de Metais Pesados em Sururus no Mundo

A Tabela 8 reapresenta os mesmos dados da Tabela 7 por família de molusco em vez da ordem de localização e adiciona os dados de mercúrio. Ao compararmos os níveis de metais pesados presentes na mesma família em diferentes ambientes, chegamos a conclusão preliminar que **s**ururus (mytella guyanensis) bioacumulam cádmio, níquel e zinco, lambretas (lucina pectinata) preferem bioacumular chumbo e zinco e ostras (crassostrea rhizophorae) bioacumulam cádmio, cobre e zinco. Os níveis de metais pesados no ambiente certamente determina quantidade de metais bioacumulados nos moluscos, ausência de metais no meio reflete baixa concentração nos tecidos dos mesmos.

A Tabela 9 mostra os níveis de metais na família de sururus encontrados nessa nossa pesquisa e ao redor do mundo. Praticamente podemos inferir que existe bioacumulação de sururu por cádmio, níquel e zinco. Os dados em relação ao chumbo ainda são inconclusivos.

Níveis Regulatórios		1	30	0,5	5	2	50	Fonte Bibliográfica
Local	Espécies	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	
SFC(2)	lucina pectinata	2,48	233,5	0,03	2,17	20,7	232,2	dado dessa pesquisa
SFC(3)	lucina pectinata	5,78	166,2	0,03	2,41	15,9	189,2	dado dessa pesquisa
SFC(4)	lucina pectinata	5,74	352	0,05	1,28	21,5	318	dado dessa pesquisa
Espanha(3)	chamelea gallina	0,33	41	0,06	2,33	1,36	66	Usero 2005
Espanha(8)	chamalea gallina	0,30	48	0,04	1,98	1,14	71	Usero 2005
China Bohai Sea	meretix meretrix	0,50	1,6	0,05	1,51	0,16	36	Wang 2005
Tanzania(4)	mactra ovalina	0,20	22	---	2,7	4,4	163	Rumisha 2012
Malasia(6)	donax faba	0,36	79,8	---	9,47	19,4	124	Edward 2009
EEUU Indian Lagoon	mercenária mercenaria	0,41	15	0,05	3,8	3,5	163	Trocine 1996
Senegal (9)	dosinia isocardia	4,18	26,17	---	---	---	60	Sidoumou 2006

Tabela 10: Níveis de Metais Pesados em Lambretas no Mundo

A Tabela 10 mostra os níveis de metais na família de lambretas encontradas nessa nossa pesquisa e ao redor do mundo. Podemos inferir que existe bioacumulação de chumbo e zinco.

A Tabela 11 mostra os níveis de metais na família de ostras encontradas nessa nossa pesquisa e ao redor do mundo. Os dados de cádmio, cobre e zinco indicam que ostras têm bioacumulação preferencial por esses metais.

Níveis Regulatórios		1	30	0,5	5	2	50	Fonte Bibliográfica
Local	Espécies	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	
SFC(5)	crassostrea rhizophorae	11,00	80	0,03	0,7	< NQ	1804	dado dessa pesquisa
SFC(10)	crassostrea rhizophorae	16,30	223	0,06	0,96	0,8	1059	dado dessa pesquisa
Camamu	c. rhizophorae	0,02	72	0,09	---	4,1	901	Souza 2011
BTS(29)	c. rhizophorae	2,6	444	0,04	---	5,4	1432	Souza 2011
BTS(12)	c. rhizophorae	1,03	64	0,10	---	2,8	1024	Souza 2011
China Bohai Sea	c. talien whanensis	1,90	68	0,04	0,28	0,42	248	Wang 2006

Venezuela La Brea	c. rhizophorae	0,52	52	0,07	0,31	---	416	Astudillo 2002
Venezuela Guiria	c. virginica	0,08	36	0,01	0,18	---	777	Astudillo 2002
EEUU Florida(11)	c. virginica	5,0	8,5	---	---	0,44	5,25	Huanxin 2000
Oman Al Sawadi	saccostrea cucullata	19,9	130	0,15	1,46	0,673	745	Mora 2004

Tabela 11: Níveis de Metais Pesados em Ostras no Mundo

Os resultados da presença dos metais pesados nos peixes comercializados no Mercado Municipal estão na Tabela 12. O nível regulatório de metais pesados nos peixes é extremamente conservador; pois não detalha a quantidade permissível diária e mensal e seus efeitos agudos e crônicos. Consequentemente esse nível é normalmente usado pelos especialistas de forma qualitativa como guia ou recomendação. Comparando os níveis de metais encontrados com os regulamentados, podemos afirmar que existe grande probabilidade que o nível de metais pesados encontrados nos pescados adquiridos no mercado municipal esteja dentro do nível regulatório estabelecido pela ANVISA. Essa afirmação leva-se em conta duas ressalvas: amostragem limitada e pontual. Como foi afirmado anteriormente, o objetivo é ajudar as secretarias municipais com informações até então inexistentes. A concentração de zinco em xangô está na faixa do limite regulatório, mas é muito mais elevado quando comparado com arraia e pescada branca. O limite de detecção do equipamento ficou acima da exigência regulatório; consequentemente, não podemos afirmar se as concentrações de chumbo nos tecidos dos peixes estão dentro do limite aceitável para consumo. Os resultados nos limitam a afirmar que níveis de chumbo nos tecidos(somente files) dos peixes estão abaixo de 10 mg/kg.

Peixe	Concentração ± Desvio Padrão (mg/kg)				
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Xangô 1	< 0,5	6,4 ± 0,5	< 5,0	< 10,0	61,4 ± 2,5
Xangô 2	< 0,5	< 2,0	< 5,0	< 10,0	57,5 ± 3,1
Arraia	< 0,5	2,4 ± 0,3	< 5,0	< 10,0	15,1 ± 0,3
Pescada Branca	< 0,5	2,6 ± 0,6	< 5,0	< 10,0	14,4 ± 1,0
Nível Regulatório	1	30	5	2	50

TABELA 12: Níveis de Metais Pesados nos Peixes Vendidos no Mercado Municipal

Metais Pesados nos Sedimentos

A quantidade de metais nos sedimentos nas 10 áreas pesquisadas encontra-se nas cinco primeiras colunas da Tabela 13. A quantificação e subsequente classificação de contaminação química no sedimento é bastante complexa; pois não existe marco regulatório único, mas níveis de ação. Vários fatores físicos e químicos contribuem para a fixação dos metais nos sedimentos e a sua biodisponibilidade para consumo na cadeia trófica. Os níveis TEL e PEL são utilizados juntamente com outros dados científicos e informações técnicas durante os processos decisórios de natureza regulatória ou mitigadora. A definição do TEL (Threshold Effect Level) é aceito na comunidade acadêmica e de saúde epidemiológica como o nível que a substancia química não tem efeito na saúde do indivíduo. PEL (Probable Effect Level) é definido como o nível em que o contaminante provavelmente terá algum efeito na saúde do indivíduo. Lembrando que os conceitos de TEL e PEL não se aplica no caso de câncer. Os valores indicam que o efeito dos metais pesados presente no sedimento na saúde dos seres humanos e tróficos é insignificante.

SEDIMENTO		Concentração ± Desvio Padrão (mg/kg)					SEM (mmol/g)	AVS (mmol/g)	RAZÃO SEM/AVS
Pontos de Coleta		Cd	Cu	Ni	Pb	Zn			
MURIBECA	1	< 0,33	2,13	< 3,33	< 6,66	9,64	0,0002	0,0054	**0,0335**
	2	< 0,33	16,39	22,14	< 6,66	11,34	0,0008	0,0169	**0,0477**
	3	< 0,33	2,28	< 3,33	< 6,66	24,73	0,0004	0,0015	**0,3326**
	4	< 0,33	6,04	< 3,33	7,90	12,94	0,0003	0,0007	**0,4782**
SÃO BENTO	5	< 0,33	9,69	< 3,33	14,23	77,59	0,0014	0,1885	**0,0075**
	6	< 0,33	10,20	< 3,33	12,80	19,05	0,0005	0,0426	**0,0121**
	7	< 0,33	7,52	7,08	8,00	13,41	0,0005	0,0097	**0,0499**
SEDE	8	< 0,33	5,66	< 3,33	< 6,66	8,16	0,0002	0,0150	**0,0143**
	9	< 0,33	17,07	48,74	9,10	14,84	0,0014	0,0122	**0,1120**
	10	< 0,33	15,40	6,97	12,91	26,93	0,0008	0,0335	**0,0249**
Nível Regulatório	**TEL**	**0,6**	**35,7**	**35,0**	**18,0**	**123,1**	------	------	------
	PEL	**3,5**	**197,0**	**91,3**	**35,9**	**315,0**	------	------	------

TABELA 13: Concentração de Metais Pesados nos Sedimentos & Teste de Biodisponibilidade

TEL: Threshold Effect Level (Concentração abaixo da qual não há risco potencial de efeito tóxicos à biota)

PEL: Probable Effect Level (Níveis prováveis de efeito adverso à comunidade biológica)

Biodisponibilidade dos Metais Pesados na Cadeia Alimentar

Devido à natureza fortemente redutora de sedimentos de manguezal, os metais adsorvidos quimicamente pelos sulfetos bivalentes no sedimento encontram-se quase totalmente não biodisponíveis para participar da cadeia trófica. A análise SEM-AVS (Simultaneously Extracted Metal-Acid-Volatile Sulfide) fornece o indicativo sobre a biodisponibilidade de metais presentes no sedimento. O valor da razão SEM/AVS abaixo de 1 sugere que menor quantidade de metais está biodisponível no meio. A razão SEM/AVS de 1,0 indica uma presença equimolar das espécies e valores maiores que 1 sugerem metais biodisponíveis no meio, já que não há sulfetos livres para prendê-los aos sedimentos. Os resultados da biodisponibilidade encontram-se nas três últimas colunas da Tabela 13.

Embora não exista valor de referência padrão comparativo para manguezal, levantamento feito por Onofre (ONOFRE, 2007) indica que concentrações de AVS em sedimentos marinhos litorais estão na faixa de 0,02~0,09 mmol/g de sulfetos. Como justificativa para os baixos valores de AVS na maioria das amostras podem ser citadas as variações sazonais – a estação do ano, com suas temperaturas e clima interfere na concentração de AVS nos sedimentos - e a profundidade do sedimento coletado – em sedimentos anaeróbios, coletados numa maior profundidade, tende a haver uma maior concentração de AVS. Como a razão SEM/AVS se encontra menor que 1, os metais presentes no sedimento estão como sulfetos pouco solúveis, e portanto, não biodisponíveis para participar da cadeia alimentar.

Programa de Educação Ambiental

As ações do Programa de Educação Ambiental foram estrategicamente categorizadas em atividades coletivo ou “standard” e customizadas. As atividades “standard” envolveram palestras, oficinas e/ou workshops de conscientização coletiva nas escolas municipais e instituições de serviços sociais com a criação e distribuição de cartilhas. Essas atividades aconteceram esporadicamente em 2011 e 2012. Enquanto as atividades customizadas aconteceram no mesmo período mas com a dedicação de 8 horas por dia, 5 dias por semana, durante 6~8 meses.

As atividades de educação ambiental customizada aconteceram na ocasião da visita da equipe de três pesquisadores locais à residência da marisqueira/pescador para aplicar o questionário sócio-demográfico. A equipe, composto de 3 residentes locais com curso superior completo, conhecia bem a realidade dos residentes. A equipe reunia todos os membros da família para uma conversa na varanda, num ambiente de descontração e sem tensão (no ponto de vista das marisqueiras e pescadores) para perguntar e dialogar com os residentes. Os resultados dos diálogos apontou a nossa necessidade de desenvolver um folheto(Figura 2) de fácil compreensão sobre o uso inteligente da água para evitar doenças e alertar a população de evitar tomar banho durante maré baixa e certos locais. O folheto foi um sucesso e a Secretaria Municipal de Saúde solicitou 2000 cópias para sua distribuição nas suas unidades de atendimento.

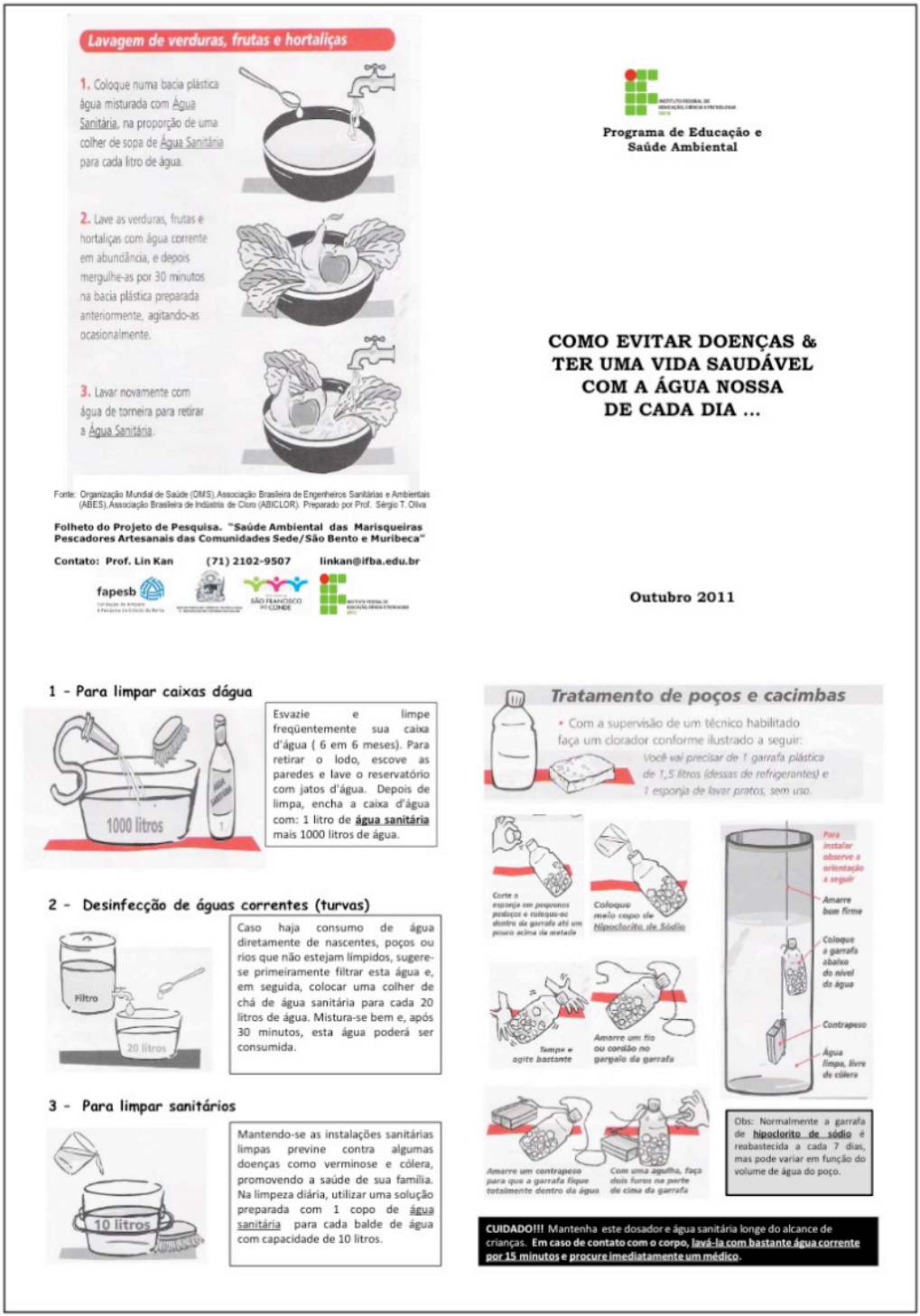


FIGURA 2: Folheto A4 sobre Uso Inteligente da Água

CONCLUSÃO

Os incentivos financeiros municipais, como bolsa família municipal nos últimos anos, têm fomentados crescimentos populacionais nas áreas estudadas e os efeitos são visíveis nas invasões nos manguezais, construções irregulares, aumento no lançamento de dejetos humanos no meio ambiente. As altas concentrações de Coliforme Termotolerantes encontradas no estudo de balneabilidade (KAN, 2012) ratificaram essa degradação ambiental.

Em relação às condições ambiental de pesca e mariscagem, embora 88% (SILVA, 2016) afirmam que as condições são boas e regulares, são quase unânimes ao declarar que há uma transformação significativa na área: desmatamento e ocupação dos manguezais, diminuição no tamanho e na quantidade dos mariscos e peixes, lançamento dos esgotos domésticos in natura nos manguezais e poluição química da refinaria.

Os manguezais são áreas de ecossistema frágil, mas com alta capacidade de depurar contaminantes, as políticas públicas recentes e subsequentes ações antrópicas colocam essas áreas em sérios riscos de desequilíbrio ambiental. As ações mitigadoras não devem se limitar a educação ambiental, mas priorizar principalmente planejamento/ execução de obras de saneamento básico e regulamentação das leis existentes pelos gestores municipais.

Águas Superficiais - Balneabilidade

As altas concentrações de coliformes termotolerantes nos testes microbiológicos revelam que as águas do município não são apropriadas para banho. A contaminação microbiológica das águas superficiais é uma grande vetor para as muitas doenças de origem hídrica que afetam a saúde crônica da população em geral. A situação é mais agravante para as marisqueiras e seus familiares que são expostas continuamente à essa água contaminada afim de obter o sustento. É prioridade zero a construção de sistema de saneamento básico para atender a população e assim restituir a balneabilidade das águas e a saúde das marisqueiras e pescadores.

Metais Pesados nos Mariscos & Peixes e Sedimentos

Sabe-se que moluscos bivalves acumulam íons metálicos em seus tecidos, os quais podem representar os níveis de contaminação do ambiente. O presente estudo revelou que todos os moluscos tinham concentrações dos íons Cd e Zn nos tecidos acima do limite preconizado pela legislação brasileira. Além de concentração de Cd e Zn acima do preconizado, o sururu tem alto nível de Ni, a ostra de Cu, e a lambreta de Cu e Pb, respectivamente. Os resultados indicam que diferentes famílias de moluscos bivalves bioacumulam preferencialmente diferentes metais. Os níveis de metais pesados presentes nos mariscos encontram-se acima dos níveis regulatórios permissíveis pela legislação. Sugere-se limitar o consumo de mariscos, principalmente as marisqueiras e pescadores.

Os níveis de metais pesados presentes nos peixes comercializados no mercado municipal estão dentro do limite regulatório e atende o níveis estabelecidos pela ANVISA.

Metais Pesados nos Sedimentos & Biodisponibilidade dos Mesmos na Cadeia Alimentar

O grande potencial redutor dos sedimentos dos manguezais nas áreas pesquisadas indica que os metais pesados quimisorvidos pelos sulfetos bivalentes estão minimamente biodisponibilizados para participar da cadeia trófica, assim reduzindo o potencial desses metais na cadeia alimentar. Paralelamente, os níveis de metais pesados nos sedimentos ainda se encontram dentro do nível no qual considera que "não há risco potencial de efeito tóxicos à biota" no presente momento.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio financeiro da Prefeitura Municipal de São Francisco do Conde através do contrato FAPESB-PET0001/2010. Agradecemos aos Institutos de Química e de Geociência da Universidade Federal da Bahia (UFBA) por disponibilizar equipamentos para as análises. Agradecemos a equipe de estudantes, profissionais e professores multidisciplinares que participaram e viabilizaram a implementação desse projeto. Agradecemos o apoio dos dirigentes da Colônia de Pesca Z-05 e o servidor da Secretaria Municipal de Saúde nos apoios logísticos.

REFERÊNCIAS

Astudillo, L.R., Yen, I.C., Agard, J., Bekele, I., Hubbard, R., "Heavy Metals in Green Mussel (Perna viridis) and Oysters(Crossostrea sp.) from Trinidad and Venezuela", 2002, Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 42, 410-415.

Consórcio Hydros CH2M Hill, "Modelamento e Avaliação Ambiental; Relatório de Desenvolvimento dos Modelos", 2000; "Relatório de Diagnóstico da Qualidade das Águas da BTS - Volumes I, II, III e IV", 2000; "Relatório de Prognóstico dos Efeitos do Programa Bahia Azul com Relação à Balneabilidade das Praias", 2001.

CRA, Diagnóstico da Concentração de Matais Pesados e Hidrocarbonetos de Petróleo nos Sedimentos e Biota da BTS, 2004.

Duarte, C.A., Giarratano, E., Amin, O.A., Comoglio, L.I., "Heavy metal concentrations and biomarkers of oxidative stress in native mussels (Mytilus edulis chilensis) from Beagle Channel coast (Tierra del Fuego, Argentina)", 2011, Marine Pollution Bulletin, 62, 1895-1904.

Edward, F.B., Yap, C.K., Ismail, A., Tan, S.G., "Interspecific Variation of Heavy Metal Concentrations in the Different Parts of Tropical Intertidal Bivalves", 2009, Water Air Soil Pollution, 196, 297-309

Fraser, M., Surette, C., Vaillancourt, C., “Spatial and temporal distribution of heavy metal concentrations in mussels (mytilus edulis) from Baie des Chaleurs, New Brunswick, Canada”, 2011, Marine Pollution Bulletin, 62, 1345-1351.

Hamed, M.A., Emara, A.M., “Marine molluscs as biomonitors for heavy metal levels in the Gulf of Suez, Red Sea”, 2006, Journal of Marine Systems, 60, 220-234.

Hatje, V., Andrade, J.B., Baía de Todos os Santos: Aspectos Oceanográficos, EDUFBA, 2009.

Huanxin, W., Lejun, Z., Presley, B.J., “Bioaccumulation of heavy metals in oyster (Crassostrea virginica) tissue and shell”, 2000, Environmental Goelogy, 39(11), 1216-1226.

Kan, L., et al., “Diagnóstico da Contaminação por Metais Pesados em Moluscos de São Bento, Sede e Muribeca no Município de São Francisco do Conde-Ba” & “Balneabilidade das Águas Superficiais nas Comunidades de São Bento, Sede e Muribeca no Município de São Francisco do Conde-Ba”, 2012, Anais do II Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Kan, L., et al., “Diagnóstico da Contaminação por Metais Pesados em Peixes & Sedimentos de São Bento, Sede e Muribeca no Município de São Francisco do Conde-Ba”, 2014, Anais do III Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Lacerda, L.D., “Trace Metals Biogeochemistry and Diffuse Pollution in Mangrove Ecosystems, Okinawa”, 1998, ISRM Mangrove Ecosystems Occasional Papers, 2, 65.

Mol, S., Alakavuk, D.U., “Heavy Metals in Mussels (Mytilus galloprovincialis) from Marmara Sea, Turkey”, 2011, Biology Trace Elements Research, 141, 184-191.

Mora, S., Fowler, S.W., Wyse,E., Azemard, S., “Distribution of heavy metals in marine bivalves, fish and coastal sediments in the Gulf and Gulf of Oman”, 2004, Marine Pollution Bulletin, 49, 410-424.

Nano, R.M.W., Determinação de Íons Metálicos em Moluscos Bivalves do Manguezal da Região Petrolífera de São Francisco do Conde Recôncavo Baiano, Tese de Doutorado, UNICAMP, 2006.

Onofre, C.R.E., “Biodisponibilidade de metais traços nos sedimentos de manguezais da porção norte da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil”, 2007, Revista de Biologia e Ciências da Terra, 7, 2, 65-87.

Queiroz, A.F.S., Celino, J.J., orgs., Avaliação de Ambientes na Baía de Todos os Santos: Aspectos Geoquímicos, Geofísicos e Biológicos, 2008, Recupetro-Proamb.

Rumisha, C., Elskens, M., Leermakers, M. Kochzius, M., Kochzius, M., “Trace metal pollution and its influence on the community structure of soft bottom molluscs in intertidal areas of the Dar es Salaam coast, Tanzania”, 2012, Marine Pollution Bulletin, 64, 521-531.

Sidoumou, Z., Gnassia-Barelli, M., Siau, Y., Morton, V., Romeo, M., “Heavy metal concentrations in molluscs from the Senegal coast”, 2006, Environment International, 32, 384-387.

Silva, A.L.A., Kan, L., “Saúde Ambiental de Marisqueiras e Pescadores em São Francisco do Conde/BA”, 2016, ATA Proceedings do 5º. Congresso Ibero-Americano em Investigação Qualitativa, 3.

Souza, M.M., Windmoller, C.C., Hatje, V., “Shellfish from Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil: Treat or threat?”, 2011, Marine Pollution Bulletin. 62, 2254-2263.

Tavares, T.T., Programa de Monitoramento dos Ecossistemas ao Norte da Baía de Todos os Santos, Tomo IX, UFBA, 1996.

Trocine, R.P., and Trefry, J.H., “Metal Concentrations in Sediment, Water and Clams From the Indian River Lagoon, Florida”, 1996, Marine Pollution Bulletin, 32(10), 754-759.

Usero, J., Morillo, J. Gracia, I., “Heavy Metal concentrations in molluscs from the Atlantic coast do Southern Spain”, 2004, Chemosphere. 59, 1175-1181.

Wang, Y., Liang, L., Shi, J., Jiang, G., “Study on the contamination of heavy metals and their correlations in mollusks collected from coastal sites along the Chinese Bohai Sea”, 2005, Environment International, 31, 1103-1113.

CAPÍTULO 2

QUALIDADE AMBIENTAL X AÇÕES ANTRÓPICAS: ESTUDO DE CASO EM UM FRAGMENTO DE MATA ATLÂNTICA, JARAGUÁ DO SUL, SC

Data de aceite: 03/05/2021
Data de submissão: 26/02/2021

Mário Cesar Sedrez
Instituto Federal de Santa Catarina
Florianópolis – Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/0163565755386017

Anderson José Antonietti
Instituto Federal de Santa Catarina
Jaraguá do Sul – Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/1012578439225056

Miriam Hennig
Instituto Federal de Santa Catarina
Jaraguá do Sul – Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/8058953568123434

Patrícia de Assis
Instituto Federal de Santa Catarina
Jaraguá do Sul – Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/1411870979286403

Thomas Saalfeld Silva
Instituto Federal de Santa Catarina
Jaraguá do Sul – Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/5364071607462102

RESUMO: Ações antrópicas na Mata Atlântica vêm gerando inúmeros impactos ambientais negativos. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo geral, estudar a qualidade ambiental de um fragmento da Mata Atlântica do IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau. Como objetivos específicos propôs-se, levantar os principais aspectos e impactos ambientais desse fragmento florestal e avaliar o grau de preservação do córrego local, antes e durante a pandemia por Covid-19. Para a revisão de literatura utilizou-se a internet, livros, artigos e revistas científicas. Já, o trabalho de campo ocorreu através de visitas in loco para observação, coleta de informações, descrição da realidade, registros fotográficos e análise qualiquantitativa de parâmetros macroscópicos observados. Os resultados revelaram que a qualidade ambiental do fragmento florestal do IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau é preocupante devido às ações antrópicas, como a degradação da vegetação e paisagem, presença de construções, supressão da mata ciliar, erosão, lixo e presença de esgoto sanitário. Por outro lado, a análise qualiquantitativa dos parâmetros macroscópicos indicou que houve uma melhora no grau de preservação do córrego local, que passou de péssimo (E), para ruim (D), após 120 dias de isolamento social, devido a Covid-19. Este trabalho de iniciação científica revelou os principais resultados de ações antrópicas na área verde e entorno do IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau e forneceu dados importantes para a sua recuperação, manejo e conservação.

PALAVRAS-CHAVE: Impactos ambientais, Fragmentação florestal, Conservação da biodiversidade.

ENVIRONMENTAL QUALITY X ANTHROPIC ACTIONS: CASE STUDY IN AN ATLANTIC FOREST FRAGMENT, JARAGUA DO SUL, SC

ABSTRACT: Anthropic actions in the Atlantic Forest have been generating numerous negative environmental impacts. In this context, the present study aimed at studying the environmental quality of a fragment of the Atlantic Forest of the IFSC Jaragua do Sul-Rau campus. As its specific objectives, the survey intended to investigate the main aspects and the environmental impacts of this forest fragment and to evaluate the degree of preservation of the local stream, before and during the Covid-19 pandemic. The internet, books, articles and scientific journals were used for the literature review. The fieldwork took place through on-site visits for observation, information collection, description of reality, photographic records and qualitative and quantitative analysis of observed macroscopic parameters. The results revealed that the environmental quality of the forest fragment at IFSC Jaragua do Sul-Rau campus is of concern due to anthropic actions, such as degradation of vegetation and landscape, the presence of buildings, the suppression of riparian forest, erosion, waste and the presence of sewage. On the other hand, the qualitative and quantitative analysis of macroscopic parameters indicated that there was an improvement in the degree of preservation of the local stream, which went from terrible (E) to bad (D), after 120 days of social isolation, due to Covid-19. This scientific initiation work revealed the main results of anthropic actions in the green area and around the IFSC Jaragua do Sul-Rau campus and provided important data for its recovery, management and conservation.

KEYWORDS: Environmental impacts, Forest fragmentation, Biodiversity conservation.

1 | INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é uma das formações florestais mais ricas em biodiversidade no mundo e exerce papel importante no equilíbrio de flora e fauna, oferta alimentar, regulação climática, manutenção da qualidade da água, turismo, lazer e no desenvolvimento de atividades econômicas (SOSMA, 2019).

Entretanto, as ações antrópicas levaram a uma intensa devastação e fragmentação deste bioma, gerando inúmeros impactos ambientais negativos como a formação de fragmentos florestais isolados, destruição de habitats e perda de biodiversidade e assim corre o risco de extinção do planeta (ALMEIDA, 2016).

Dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) mostram que no Brasil a devastação da Mata Atlântica entre 2018-2019 foi de 14.502 hectares, o que representa um aumento de 27,2% comparado a 2017-2018 (INPE, 2020).

Considerando-se esta problemática do desmatamento e a consequente fragmentação ambiental, formulou-se a seguinte pergunta de pesquisa: Qual é o estado atual da qualidade ambiental do fragmento de Mata Atlântica do IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau?

Partindo-se do pressuposto que, em geral, os fragmentos florestais pequenos encontram-se comprometidos em relação à qualidade ambiental, hipotetisa-se que a observação macroscópica das ações antrópicas no fragmento da Mata Atlântica do IFSC

Câmpus Jaraguá do Sul-Rau e entorno pode fornecer dados importantes para a análise do grau de preservação e qualidade da água do córrego local e auxiliar na implementação de planos de recuperação e manejo visando a sua conservação.

Neste viés, o presente estudo teve como objetivo geral: Estudar a qualidade ambiental de um fragmento da Mata Atlântica do IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau como subsídio para a sua recuperação, manejo e conservação. Como objetivos específicos propôs-se: Levantar os principais aspectos e impactos ambientais de um fragmento da Mata Atlântica do IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau; e, Avaliar o grau de preservação do córrego local, antes e durante a pandemia por Covid-19.

Considerando-se este contexto, a justificativa para este estudo apoia-se no fato de que a busca de conhecimentos sobre a qualidade ambiental em fragmentos remanescentes de Mata Atlântica é fundamental para a implantação de ações de recuperação, manejo e conservação desse importante bioma brasileiro.

Assim, a partir deste estudo foram levantadas informações para o início da recuperação desse fragmento de Mata Atlântica do IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau, incluindo a Área de Preservação Permanente (APP), com um córrego e a mata ciliar.

2 | METODOLOGIA

O presente estudo é parte do projeto intitulado “Criação de uma área modelo para a implantação de técnicas de recuperação e conservação ambiental, na região norte de Santa Catarina, Brasil”, desenvolvido entre agosto/2019 e julho/2020, através de pesquisas bibliográficas e trabalho de campo, com a participação de professores e alunos.

A revisão de literatura ocorreu com a utilização de diferentes fontes de pesquisa, como internet, livros, artigos e revistas científicas. O trabalho de campo envolveu o levantamento dos principais aspectos e impactos ambientais da área de estudos, bem como a avaliação do grau de preservação e da qualidade da água do córrego local.

Os aspectos e impactos ambientais foram levantados através de visitas constantes, *in loco*, à área de estudos para observação, coleta de informações, descrição da realidade encontrada e registros fotográficos. As fotografias e informações coletadas foram gerenciadas através do Google Drive, facilitando o trabalho da equipe.

O estudo do grau de preservação do córrego foi realizado adaptando-se a metodologia proposta por Dias (2004) e adotada por diversos autores como Gomes, De Melo e Do Vale (2005) e Beckauser, Nakashima e Silva (2019). Assim, foram registrados os parâmetros macroscópicos de observações *in loco*, antes da Covid-19 e 120 dias após as medidas de isolamento social decretadas pelo Governo do Estado de Santa Catarina e o resultado apresentado na forma de tabela.

A partir da somatória dos valores atribuídos à cada parâmetro (1, 2 e 3), calculou-se a pontuação final, a classe e o grau de preservação do córrego e apresentados nos resultados, conforme descreve a Tabela 01.

Pontuação final	Classe	Grau de Preservação
37 a 39	**A**	Ótima
34 a 36	**B**	Boa
31 a 33	**C**	Razoável
28 e 30	**D**	Ruim
menos de 28	**E**	Péssimo

Tabela 01 - Classificação quanto ao grau de preservação.

Fonte: Elaborada pelos autores, adaptada de Dias (2004) e Gomes, De Melo e Do Vale (2005).

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Principais Aspectos e Impactos Ambientais da Área de Estudos

A Figura 01 mostra alguns aspectos ambientais da área verde do IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau. A degradação da vegetação e da paisagem é facilmente observada nesse fragmento florestal, em que há lianas (cipós e trepadeiras) (Fig. 01a-b) e alta densidade de *Chusquea bambusoides* (Raddi) Hack, conhecida como taquari (Fig. 01c).

Uma parte da Área de Preservação Permanente (APP) do córrego local foi cercada, com mourões de cimento e telas de aço, pavimentou-se com pavers e meio fios de cimento e utiliza-se como estacionamento de veículos, além e abrigar um contâiner (Fig. 01a e 01d).

Estas ações reduziram o tamanho da APP e impactaram negativa e diretamente o córrego e a mata ciliar. No córrego houve a supressão total da mata ciliar em uma grande extensão das margens e em outros trechos, a sua cobertura vegetal ficou escassa (Fig. 01e), com a dominância da gramínea oportunista *Coix lacryma-jobi* L.

(a) (b) (c) (d)

(e) (f) (g) (h)

Figura 01 - Aspectos ambientais da área verde do IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau.

Legenda: (a) Aspecto geral da vegetação, cerca e estacionamento; (b) lianas; (c) *C. bambusoides*; (d) Contâiner; (e) Mata ciliar; (f) Lixo; (g) Esgoto; (h) *Poecilia sp.*

Fonte: Fotografia dos autores (2020).

Há presença de lixo (Fig. 01f), no interior da mata, nas bordas e próximo da nascente do córrego como vidros, restos de material de construção, cacos de telhas, ferro, sacos e garrafas de plástico, madeiras, latas de tintas, fragmentos de móveis e papelão.

A erosão é evidente nas margens do córrego (Fig. 01g) e pode ter sido causada também pela canalização e lançamento de esgoto pluvial no interior do córrego, pois a força da água canalizada durante uma chuva é desproporcional à suportada pelas margens do córrego forçando o processo de erosão.

Além dos aspectos apresentados, é nítida a presença esgoto sanitário (Fig. 01g). Em função da má qualidade da água, principalmente, devido a poluição por esgoto, no córrego local observou-se uma grande escassez de animais aquáticos, representados apenas por cardumes de peixes pequenos, conhecidos como Guaru (*Poecilia* sp.) (Fig. 01h).

O gênero *Poecilia*, comum em riachos urbanos, apresenta fácil adaptação, tolera bem a remoção da mata ciliar e presença de efluentes, alimentando-se basicamente de detritos, além de restos de insetos e vegetais (OLIVEIRA; BENNEMANN, 2005).

A invasão de gramíneas exóticas e o domínio de certas populações de lianas e trepadeiras dificultam o desenvolvimento de indivíduos arbóreos (RODRIGUES, 2009). A *C. bambusoides*, endêmica da Mata Atlântica impede a regeneração natural de áreas degradadas (INSTITUTO RÃ-BUGIO, 2020).

Os aspectos ambientais observados para esta área de estudos promovem a destruição de habitats, perda de biodiversidade e funcionalidade de ecossistemas, empobrecimento do solo (perda de nutrientes e matéria orgânica), diminuição da reciclagem, promove a lixiviação, aumento de erosão e diminuição da produtividade (BARBOSA et al., 2006; RODRIGUES, 2009).

Resultados semelhantes foram relatados por Gomes, De Melo e Do Vale (2005), quando avaliaram os impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia, estado de Minas Gerais.

3.2 Caracterização e Classificação do Córrego Local

Antes do período de isolamento social, imposto pelo governo estadual, em função da Covid-19, portanto, com atividades escolares na Universidade Católica SC e no IFSC Câmpus Jaraguá do Sul - Rau, a água do córrego apresentava-se com fluxo maior, coloração escura e odor relativamente forte, devido a presença de esgoto doméstico, porém, sem a constatação de materiais flutuantes, porém, com a presença de espumas e óleos.

A antropização da área de estudos e entorno é evidenciada pela presença de casas e outras construções civil a menos de 10m da nascente do córrego, muito lixo (madeiras, restos de construções e de tintas, plásticos, vidros, papel, papelão, móveis descartados etc.), espalhados ao redor e próximos à nascente. Praticamente desde a nascente, a água e a área do córrego foram tubuladas e aterradas para aumentar a área útil da propriedade da Universidade Católica SC.

Constatou-se *in loco* a presença de grades de esgoto pluvial, diversas construções civis em alvenaria e calçamento ao longo do que deveria ser o leito do córrego. A mata ciliar encontra-se totalmente degradada ou não existe mais e, apenas uma pequena parte da APP é preservada.

A vegetação é escassa e composta principalmente por gramíneas, além de bananeiras e pteridófitas, com árvores esparsas, como figueira, embaúba e ipê. Os animais observados foram cães, gatos, ratos e aves urbanas como pardais, bem-te-vis, quero-queros, rolinhas e corruíras.

Embora exista proteção com cercas de telas, ocorrem aberturas que permitem o acesso humano de fora para dentro da área verde do IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau e da Católica SC, que apresenta o acesso interno livre e sem qualquer tipo de identificação até a nascente. Além disso, verificou-se que há supressão da vegetação natural da mata ciliar da nascente e do córrego, o que permite a interferência humana direta na APP e o carreamento de sedimentos para o interior do corpo d'água.

O somatório final dos pontos atribuídos aos parâmetros macroscópicos do córrego que passa pela área de estudos atingiu 22 pontos. Assim, com a análise qualiquantitativa dos parâmetros macroscópicos, esse córrego foi classificado como E, ou seja, em péssimo grau de preservação (Tab. 02).

Parâmetros macroscópicos	Pontuação - Antes do Isolamento Social/Covid-19	Pontuação - 120 dias após o Isolamento Social/Covid-19
Cor da água	1	2
Odor	1	2
Lixo ao redor	1	2
Materiais Flutuantes	3	3
Espumas	3	3
Óleos	3	3
Esgotos	1	3
Vegetação	1	1
Uso por animais	1	1
Uso por humanos	1	3
Proteção do Local	2	2
Proximidade com residência	1	1
Tipo de área de inserção	3	3
Pontuação final	**22**	**29**
Classe	**E**	**D**
Grau de Preservação	**Péssimo**	**Ruim**

Tabela 02 - Análise qualiquantitativa dos parâmetros macroscópicos observados no córrego local, antes e 120 dias após o isolamento social, em função da pandemia de Covid-19.

Fonte: Elaborada pelos autores, com dados do trabalho de campo (2020).

Conforme a Tabela 02, passados 120 dias, após o isolamento social e, portanto, sem as atividades escolares presenciais na Universidade Católicas SC e no IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau, constatou-se que a água do córrego teve o fluxo diminuído, com coloração clara e de odor fraco ou quase inexistente e sem a presença de esgoto doméstico. Os demais parâmetros mantiveram-se os mesmos de antes da Covid-19. Assim, incluindo-se esses novos parâmetros macroscópicos obteve-se na análise quantitativa uma somatória de 29 pontos, o que elevou a classificação do grau de preservação do córrego de E (péssimo) para D (ruim).

O córrego existente na área de estudos integra-se à Bacia hidrográfica do Rio Itapocu que conta com cerca de 200 ribeirões, riachos e rios, sendo seus afluentes principais o Rio Jaraguá e o Itapocuzinho (GUIA SANTA CATARINA, 2020).

Estabelecendo a análise macroscópica e dos parâmetros microbiológicos de nascentes da área urbana de Cláudio/MG, Rocha, Fonseca e Souza (2017) verificaram que a maioria das nascentes se enquadravam como D ou E, sendo que nenhuma era O (ótima).

Em Santa Catarina, essa triste realidade se repete e foi constatada pela Fundação SOS Mata Atlântica, em sete pontos de coleta entre os municípios litorâneos de Florianópolis e São José, em que a qualidade da água permaneceu estável na condição regular em dois ciclos de monitoramento (SOSMA, 2020).

Infelizmente, as nascentes e os córregos urbanos apesar de sua importância como fonte de recursos naturais, sofrem com a sua degradação imposta pela sociedade, além do descaso do poder público evidenciaram a necessidade de medidas de recuperação e manutenção desses mananciais (OLIVEIRA-JUNIOR et al., 2013; ROCHA, FONSECA, SOUZA, 2017).

4 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos revelaram que o estado atual da qualidade ambiental do fragmento remanescente da Mata Atlântica do IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau é preocupante, devido as ações antrópicas observadas *in loco*, como a degradação da vegetação e paisagem, presença de construções, supressão da mata ciliar, erosão, lixo e presença de esgoto sanitário.

A análise qualiquantitativa dos parâmetros macroscópicos indicou que esse córrego, antes da pandemia por Covid-19, era classificado como E, ou seja, em péssimo grau de preservação. Entretanto, como era de se esperar, passados 120 dias, após o isolamento social e, portanto, sem as atividades escolares presenciais no IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau e entorno, constatou-se que houve uma melhora no grau de preservação do córrego, que passou de E (péssimo) para D (ruim).

A hipótese foi corroborada, pois as observações macroscópicas das ações antrópicas no fragmento da Mata Atlântica do IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau e entorno forneceu dados importantes para a análise do grau de preservação do córrego local, o que servirá de subsídio para a elaboração e implementação de planos de recuperação e manejo visando a sua conservação.

A partir deste trabalho de iniciação científica é recomendável que se adote medidas mitigatórias e/ou de compensação pelos danos ambientais causados, a ampliação de estudos e a investigação da existência de possíveis ligações clandestinas de esgoto sanitário e o seu direcionamento adequado para a rede de coletas do SAMAE.

AGRADECIMENTOS

Ao IFSC, FAPESC e FUJAMA, pelo apoio ao edital de chamada pública nº 06/2018.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da mata atlântica**. Ilhéus, BA: Editus, 2016.

BARBOSA, L. M. et al. **Manual para recuperação de áreas degradadas do Estado de São Paulo**: matas ciliares do interior paulista. São Paulo: Instituto de Botânica, 2006.

BECKAUSER, M. C.; NAKASHIMA, P.; SILVA, L. M. A utilização de análise macroscópica de nascente como ferramenta de Educação Ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 14, n. 2, p. 252-267, 2019.

DIAS,G. F. **Educação Ambiental**: princípios e práticas. São Paulo: Editora Gaia, 2004.

GOMES, P. M.; DE MELO, C.; DO VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 32, p. 103-120, 2005.

GUIA SANTA CATARINA, 2020. Disponível em: <http:// www.guiasantacatarina.com.br/jaraguadosul/cidade.php3>. Acesso em 16 jun. 2020.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2020. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/noticias-obt-inpe/inpe-da-apoio-tecnico-a-atualizacao-do-atlas-da-mata-atlantica>. Acesso em 09 jul. 2020.

INSTITUTO RÃ BUGIO. **Instituto Rã-Bugio para Conservação da Biodiversidade**. 2020. Disponível em: <http://www.ra-bugio.org.br/> Acesso em 09 jul. 2020.

OLIVEIRA, D. C.; BENNEMANN, S. T. Ictiofauna, recursos alimentares e relações com as interferências antrópicas em um riacho urbano no sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 5, n. 1, p. 95-107, 2005.

OLIVEIRA-JUNIOR, E. S. et al. Córregos urbanos do município de Cáceres-MT, Brasil: um olhar para a conservação. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 17, n. 17, p. 3268-3274, 2013.

ROCHA, B. F.; FONSECA, A. R.; SOUSA, F. F. Análise Macroscópica e Parâmetros Microbiológicos de nascentes da área urbana de Cláudio, Minas Gerais, Brasil. **Conexão Ci**, v. 12, p. 17-33, 2017.

RODRIGUES, R. R. R. (Ed.). **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. LERF; Piracicaba: ESALQ, 2009.

SOSMA. 2019. Fundação SOS Mata Atlântica. **Relatório Anual 2018**. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/11/RA_SOSMA_2018_DIGITAL.pdf>. Acesso em 22 jul. 2020.

SOSMA. 2020. Fundação SOS Mata Atlântica. **Observando os Rios 2020**. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2020/03/observando-rios-2020page-digital.pdf>. Acesso em 22 jul. 2020.

CAPÍTULO 3

MEDIDAS MITIGATÓRIAS PARA A RECUPERAÇÃO DE UM CÓRREGO E MATA CILIAR, EM JARAGUÁ DO SUL, SANTA CATARINA, BRASIL

Data de aceite: 03/05/2021
Data de submissão: 26/02/2021

Anderson José Antonietti
Instituto Federal de Santa Catarina
Jaraguá do Sul – Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/1012578439225056

Mário Cesar Sedrez
Instituto Federal de Santa Catarina
Florianópolis – Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/0163565755386017

Miriam Hennig
Instituto Federal de Santa Catarina
Jaraguá do Sul – Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/8058953568123434

Thomas Saalfeld Silva
Instituto Federal de Santa Catarina
Jaraguá do Sul – Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/5364071607462102

Patrícia de Assis
Instituto Federal de Santa Catarina
Jaraguá do Sul – Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/1411870979286403

RESUMO: Atualmente, tem-se dado grande ênfase as questões ambientais, como a conservação do meio ambiente e a recuperação de áreas degradadas. Assim, este estudo teve como objetivo geral pesquisar e implantar medidas mitigatórias para a recuperação do córrego local e da mata ciliar do IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau. Primeiramente, investigou-se a fonte causadora de poluição por esgoto através de visitas in loco na área de estudos e no entorno, entre agosto/2019 e julho/2020. Paralelamente, foram consultados os profissionais da Fundação Jaraguaense de Meio Ambiente para se definir quais eram as espécies de plantas nativas mais indicadas para a recuperação da mata ciliar. Como medidas mitigatórias foram realizadas a limpeza e o desassoreamento do córrego local e a recuperação da mata ciliar, com o plantio de 55 mudas de espécies nativas da Mata Atlântica. Não foi possível identificar o local exato do lançamento do esgoto, apenas o trecho em que ocorre. Nesse sentido, continua-se buscando junto ao Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto, uma possibilidade de tratamento ou desvio desse esgoto para a rede de captação. **É urgente a** necessidade de investimentos em educação ambiental, como uma ferramenta para redução das **ações** antrópicas que promovem impactos ambientais como os constatados no presente estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Mata Atlântica, Recuperação Ambiental, Área de Preservação Permanente.

MITIGATORY MEASURES FOR THE RECOVERY OF A STREAM AND RIPARIAN FOREST IN JARAGUÁ DO SUL, SANTA CATARINA, BRAZIL

ABSTRACT: Currently, great emphasis has been placed on environmental issues, such as environmental conservation and the recovery of degraded areas. Thus, this study had as the general objective to research and implement mitigating measures for the recovery of the local

stream and the riparian forest at the IFSC Jaragua do Sul-Rau campus. Firstly, the source of sewage pollution was investigated through on-site visits to the study area and its surroundings, between August 2019 and July 2020. At the same time, professionals from the Jaraguaense Environment Foundation were consulted to determine which species of native plants were most suitable for the recovery of the riparian forest. As mitigating measures, cleaning and de-silting of the local stream and the recovery of the riparian forest were carried out, with the planting of 55 seedlings of species native to the Atlantic Forest. It was not possible to identify the exact location of the sewage discharge, only the section where it occurs. In this sense, the Municipal Autonomous Water and Sewage Service continues to seek a possibility of treating or diverting this sewage to the collection network. There is an urgent need for investment in environmental education as a tool to reduce anthropic actions that promote environmental impacts such as those found in the present study.
KEYWORDS: Atlantic Forest, Environmental Recovery, APP.

1 I INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica, bioma que reveste serras e planícies ao longo da costa brasileira, está entre as formações vegetais mais ameaçadas no mundo, restringindo-se a cerca de 7% da área original, principalmente, em função da ocupação urbana e a expansão agrícola, o que tem resultado em fragmentos remanescentes *(*DE MORAES et al., 2013*)*.

A fragmentação de ecossistemas configura-se talvez como a mais profunda alteração ambiental de origem antrópica *(*CARVALHO et al., 2004*)*. Para Calegari et al. (2010), o processo de fragmentação florestal tem resultado na formação fragmentos isolados, de dimensões reduzidas e de paisagens com pouca diversidade de hábitat.

As ações antrópicas que promovem o desmatamento e a fragmentação da floresta nativa intensificam os problemas de disponibilidade da água, sendo a conservação e a restauração da Mata Atlântica fundamentais para gestão desse recurso SOSMA (2020).

A despeito da relevância desse tema, em Jaraguá do Sul existem poucos estudos, sobre as técnicas que podem ser aplicadas na recuperação de áreas degradadas e conservação ambiental. Esta preocupação é pertinente, pois nesta região é comum a contaminação da água e do solo pela ação das indústrias metal mecânica e têxtil.

Assim, a Fundação Jaraguaense de Meio Ambiente (FUJAMA), órgão ambiental municipal, solicitou ao IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau, a criação de uma área modelo para o estudo e aplicação de técnicas de recuperação de áreas degradadas e conservação ambiental. Ao se considerar o fragmento de Mata Atlântica desse câmpus, observou-se que as suas características são compatíveis com as áreas degradadas encontradas no município e região, incluindo-se a poluição por esgoto doméstico, o assoreamento do córrego e supressão da mata ciliar.

O presente estudo é parte de um projeto aprovado pelo IFSC/FAPESC e intitulado “Criação de uma área modelo para a implantação de técnicas de recuperação e conservação ambiental, na região norte de Santa Catarina, Brasil”. Como objetivo geral

propôs-se pesquisar e implantar medidas mitigatórias para a recuperação do córrego local e da mata ciliar, no IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau e como objetivos específicos definiu-se investigar a origem do esgoto presente no córrego; pesquisar dois métodos possíveis de serem aplicados no tratamento desse esgoto; executar ações de limpeza e desassoreamento do córrego; e, recuperar a mata ciliar através do plantio de árvores nativas da Mata Atlântica.

2 | METODOLOGIA

Este estudo ocorreu entre agosto/2019 e julho/2020, em um fragmento da Mata Atlântica, com cerca de 5000 m^2 e pertencente ao IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau.

A pesquisa ocorreu com a utilização de diferentes fontes, como artigos, revistas científicas, sites da internet e livros, especialmente, sobre recuperação de matas ciliares de córregos e métodos de tratamento de esgoto como a fossa séptica e bacia de evapotranspiração, como uma possível solução para o tratamento de esgoto presente no córrego. Já, o trabalho de campo envolveu a recuperação da mata ciliar, a investigação da origem e possível tratamento do esgoto presente no córrego local, bem como a sua limpeza e desassoreamento.

Para a recuperação da mata ciliar consultou-se os profissionais da FUJAMA e escolheu-se as espécies nativas mais indicadas. Essa instituição forneceu as mudas e orientou o plantio, efetuado pela equipe executora (professores e alunos).

A investigação da fonte causadora de poluição por esgoto foi realizada através de visitas *in loco* na área de estudos e no entorno, com a participação da equipe executora, FUJAMA e Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE). Inicialmente, estudou-se a aplicação dos métodos de tratamento de esgoto pesquisados, porém, mostrou-se mais viável fazer a ligação desse esgoto para a rede coletora existente.

A limpeza e desassoreamento do trecho do córrego da área de estudos, com cerca de 100m, foi realizada pela equipe executora, através da poda da vegetação caída, retirada do excesso de macrófitas e resíduos sólidos do leito.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Recuperação da Mata Ciliar

As espécies de plantas indicadas para a recuperação da mata ciliar estão descritas na Tabela 01 e foram escolhidas por serem próprias para áreas degradadas, nativas da Mata Atlântica e se adaptarem bem ao clima e às condições de Jaraguá do Sul.

Nome científico	Nome popular	Características	Ocorrência	Fonte
Senna multijuga (Rich.) H. S. Irwin & Barneby	Aleluia	Ornamental para arborização de ruas parques, jardins e áreas degradadas. Flores (dez-abr). Frutos (abr-jun).	Quase todo o país, na encosta atlântica até o alto da Serra do Mar.	FU
Psidium cattleyanum Sabine	Araçá	Indispensável para áreas degradadas. Flores (jun-dez). Frutos comestíveis (set-mar) e consumo por pássaros.	BA até RS, na mata atlântica, principalmente em áreas úmidas.	FU
Shinus teribinthifolia Raddi	Aroeira	Ornamental e indicada para arborização urbana. Flores melíferas (set-jan). Frutos (jan-jul) e consumo por pássaros.	PB até MS e RS, em várias formações vegetais.	FU
Eugenia involucrata DC.	Cerejeira	Espécie para áreas degradadas. Flores (set-nov). Frutos comestíveis (nov-dez) e consumo por pássaros.	RJ até RS. Comum no sul do Brasil.	AP
Psidium guajava L.	Goiabeira	Espécie para mata ciliar, área aberta e solo degradado. Flores (primavera). Frutos comestíveis (verão).	Todo o país.	AP
Inga marginata Willd	Ingá Feijão	Plantio em áreas degradadas e arborização. Flores (out-fev). Frutos comestíveis (mar-maio).	Todo o país.	FU
Tabebuia ochracea (Cham.) Standl.	Ipê Amarelo	Plantio em áreas degradadas e arborização. Flores (jul-set). Frutos (set- out).	MS, GO, MG, SP e PR.	FU
Ceiba speciosa (St. Hil) Ravenna	Paineira	Espécie para mata ciliar, área aberta e solo degradado. Flores (primavera). Frutos (verão-outono).	Todo o país.	AP

Tabela 01 - Espécies de plantas indicadas para a recuperação da Mata Ciliar.

Legenda: FU = FUJAMA (2020) e AP = APREMAVI (2020).

Fonte: Elaborada pelos autores (2020).

A parceria com a FUJAMA possibilitou o plantio de 55 mudas de árvores de espécies nativas, nesta primeira etapa de recuperação da mata ciliar (Fig. 01a-c). Algumas dessas mudas também foram plantadas em espaços degradados da área verde.

A equipe executora participou ativamente no plantio das mudas (Fig. 01d). As covas foram abertas e adubadas com adubo orgânico, pois se constatou que o solo de grande parte da faixa de mata ciliar era proveniente de aterro.

Segundo Almeida (2016), a recuperação da vegetação de áreas degradadas, incluindo-se as matas ciliares, deve-se considerar as características ambientais e as espécies de plantas específicas para cada bioma, bem como na manutenção pós-plantio.

Figura 01 - Aspectos gerais da área verde, IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau.

Legenda: (a) Aspecto geral da **área degradada e** (b) mata ciliar do IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau; (c) Espécies nativas da Mata Atlântica fornecidas pela FUJAMA; (d) Professores e alunos atuando no início da recuperação da mata ciliar e plantio de uma muda de *P. cattleyanum.*

Fonte: Fotografia dos autores (2020).

A mata ciliar é encontrada em todos os biomas brasileiros e desempenha serviços ecossistêmicos importantes como a nutrição dos córregos, evita o assoreamento das margens, com as raízes das plantas, atua como corredores ecológicos e contribui com o ciclo da água em uma bacia hidrográfica (KUNTSCHIK; EDUARTE; UEHARA, 2014).

De acordo com Smith, Silva e Bialgioni (2019), quando há recuperação da mata ciliar ao longo das áreas de proteção dos rios, há uma diminuição de episódios de enchentes e inundações durante as fortes chuvas de verão.

3.2 Investigação da fonte causadora de poluição por esgoto

Na área de estudos é comum a percepção de esgoto sanitário misturado a água do córrego. Após um longo período de investigação da origem dessa fonte de poluição,

constatou-se que ela se localiza entre a nascente e o início do córrego que passa pelo IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau. Isso foi possível percorrendo-se todo o trajeto da tubulação do córrego, cerca de 250 m, desde a divisa da área de estudos até à nascente, na propriedade vizinha. Comparando-se a qualidade da água da nascente (Fig. 02b) e da água que percorre a área verde do IFSC (Fig. 02c), observa-se nitidamente que a primeira apresenta coloração clara e ausência de odor, enquanto que a segunda é escura e de odor desagradável.

(a)

(b)

(c)

Figura 02 - Área de estudos, nascente e presença de esgoto no córrego.

Legenda: (a) Córrego tubulado (1, em vermelho), da nascente ao início da parte sem tubulação (2, em amarelo), a maior parte da área da Católica SC e Área de estudos, do IFSC (contorno em branco); (b) Nascente; (c) Início do córrego, sem tubulação e com esgoto, na área verde do IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau.

Fonte: (a) Adaptada de Google Maps (2020) e (b-c) Fotografia dos autores (2020).

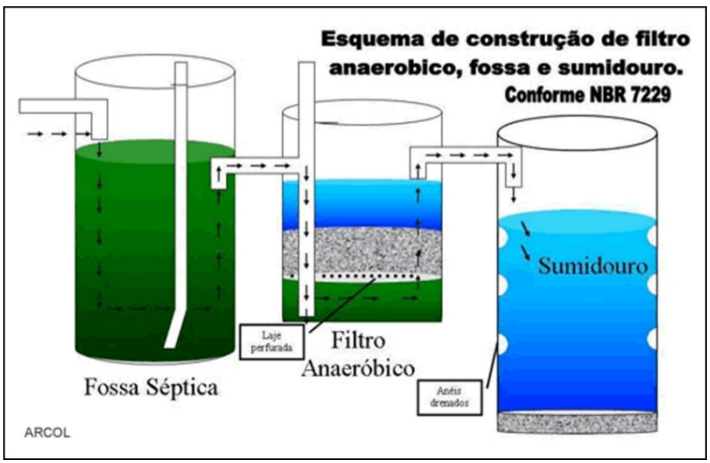
Entretanto, o ponto exato em que ocorre o lançamento do esgoto no leito do córrego ainda não foi descoberto, em função do córrego estar totalmente tubulado.

Discute-se aqui, a importância de se direcionar o esgoto sanitário para a rede coletora local, uma vez que o córrego deságua no manancial de captação, o Rio Itapocu, que se encontra a montante da Estação de Tratamento de Água (ETA) do SAMAE que capta, trata e distribui o maior volume da água utilizada no abastecimento da população de Jaraguá do Sul.

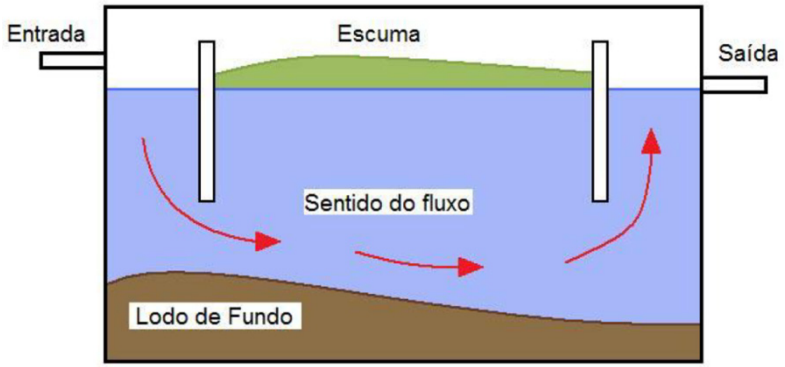
3.3 Métodos de tratamento de esgoto

Embora tenha-se optado por direcionar o esgoto existente para a rede coletora local, apresentou-se os resultados da pesquisa realizada sobre os métodos de tratamento de esgoto, pois essa poderá ser aplicada em propriedades em que não exista a rede coletora.

A Figura 03a esquematiza o sistema de fossa séptica biodigestora. Este método de tratamento de esgotos, pode ser construído, conforme explica Cordeiro (2010): 1) Ao entrar na fossa o esgoto bruto é conduzido à sua parte inferior, normalmente por uma placa defletora; 2) A parte sólida do esgoto se acumula no fundo, constituindo o lodo de fundo; 3) Os materiais flutuantes como alguns sólidos particulados, óleos e graxas se acumulam na superfície central, constituindo a escuma; e, 4) A saída se dá na extremidade oposta, onde outra placa defletora impede a saída da escuma (Fig. 03b); 5) O líquido efluente que sai da fossa séptica deve ser encaminhado ao filtro anaeróbico para que ocorra a filtração de particulados remanescentes; 6) Após a filtragem, o efluente é lançado em um terceiro tanque, denominado de sumidouro, onde a água tratada é devolvida para a natureza.



(a)



(b)

Figura 03 - Sistema de uma fossa séptica biodigestora.

Legenda: (a) Esquema de construção de uma fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro; (b) Detalhe do funcionamento de uma fossa séptica.

Fonte: (a) *Saluta Saneamento (2020)* e (b) *Cordeiro (2010)*.

Uma fossa séptica biodigestora pode ser construída manualmente e se for bem instalada não gera problemas ambientais (SILVA, FAUSTINO e NOVAES, 2007). Segundo a Embrapa (2020), ao contrário das "fossas negras", esse tipo de tecnologia evita odores desagradáveis, moscas, baratas, ratos, além da contaminação do lençol freático.

Já, na bacia de evapotranspiração (BET) (Fig. 04), as plantas são fundamentais para o sucesso do sistema. Conforme explica Galbiati (2009), o esgoto proveniente dos vasos sanitários (água negra) sofre degradação microbiana natural da matéria orgânica, mineralização, absorção de nutrientes, e evapotranspiração da água pelas plantas.

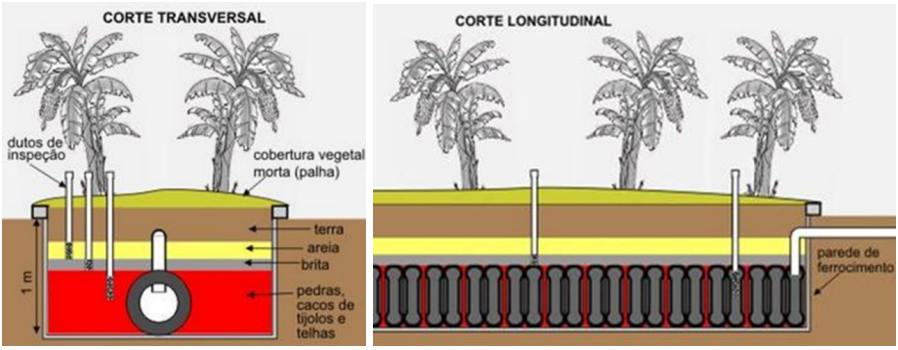


Figura 04 - Representação da bacia de evapotranspiração.

Fonte: *Vieira* (2010).

Uma das espécies indicadas para a BET é a bananeira, uma planta bem adaptada ao clima da região de Jaraguá do Sul/SC. Por possuir folhas grandes, produzir frutos e absorver bastante água, a bananeira possui todos os requisitos para sua utilização numa bacia de evapotranspiração (PAMPLONA; VENTURI, 2004).

3.4 Limpeza e desassoreamento do córrego local

O processo de limpeza e desassoreamento do leito do córrego (Fig. 05) foi realizado durante a pandemia do Covid-19, período em que houve melhoria da qualidade da água, tanto na diminuição da turbidez quanto do odor característico de esgoto sanitário.

Esta é uma evidência importante de que a poluição por esgoto no córrego local tem origem em algum ponto da tubulação da propriedade vizinha ao IFSC, que estava sem atividades escolares.

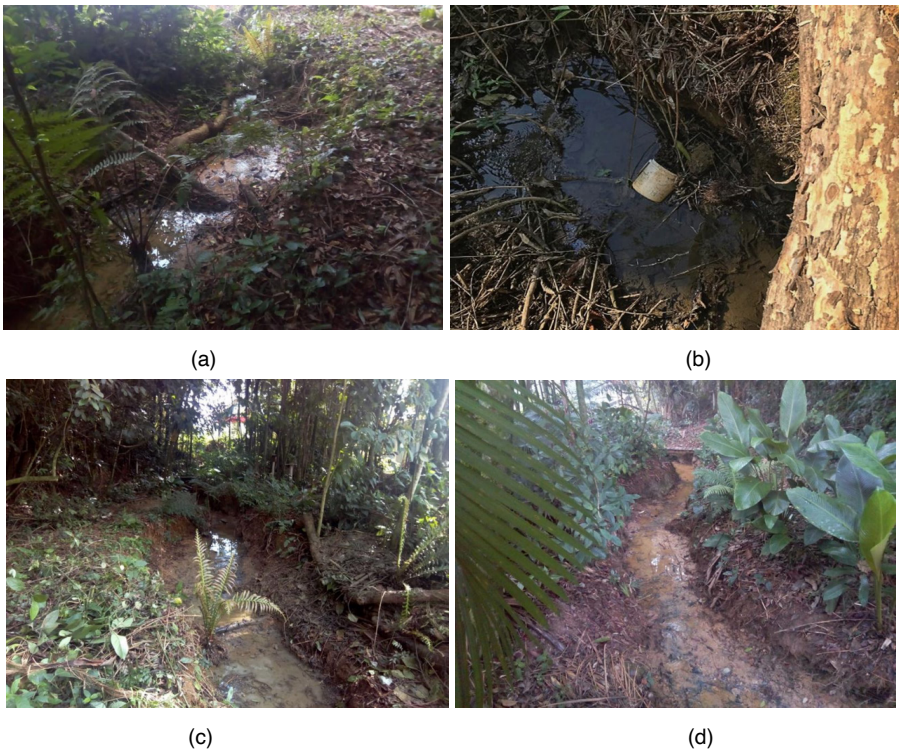


Figura 05 - Limpeza e desassoreamento do córrego, IFSC Câmpus Jaraguá do Sul-Rau.

Legenda: Córrego, antes (a-b) e depois (c-d) da limpeza/desassoreamento.

Fonte: Fotografia dos autores (2020).

A limpeza do córrego trouxe água de melhor qualidade para as plantas e animais locais e do entorno. Já as ações de desassoreamento do leito devolveram ao córrego a capacidade natural de armazenamento e vazão da água, diminuindo o risco de transbordamento.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos propostos foram atingidos e como medidas mitigatórias realizou-se a limpeza e o desassoreamento do córrego local, com a retirada do excesso de macrófitas e resíduos, além da recuperação da mata ciliar, com o plantio de 55 mudas de espécies nativas da Mata Atlântica, em parceria com a FUJAMA. De imediato, devolveu-se ao córrego a capacidade natural de armazenamento e vazão de água, diminuindo o risco de transbordamento, bem como melhorou-se a fonte de água para as plantas e animais do local e entorno.

As investigações *in loco* confirmaram que a fonte causadora de poluição no leito do córrego vem de algum ponto da tubulação da propriedade vizinha ao câmpus, entretanto, o local exato em que ocorre o lançamento do esgoto, não foi possível ser descoberto, em função do córrego estar totalmente tubulado. Nesse sentido, continua-se buscando junto ao SAMAE, uma possibilidade de tratamento ou desvio desse esgoto para a rede coletora. Além disso, os procedimentos adotados permitiram a descoberta da nascente que dá origem ao córrego, em péssimas condições de conservação e sem qualquer tipo de proteção.

As pesquisas bibliográficas mostraram que métodos de tratamento de esgostos como o sistema de fossa séptica biodigestora e a bacia de evapotranspiração, se bem construídos não geram problemas ambientais e podem ser adotados, especialmente, por populações rurais e sem acesso a rede de captação.

Diante da realidade local, há necessidade de continuidade de estudos e ações que possam reduzir os impactos ambientais causados pela ação humana, envolvendo-se os órgãos públicos municipais responsáveis pela qualidade ambiental e usando a educação ambiental como ferramenta para inserir a participação da comunidade.

AGRADECIMENTOS

Ao IFSC, FAPESC, FUJAMA e SAMAE, por apoiarem o edital de chamada pública nº 06/2018.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da mata atlântica**. Ilhéus, BA: Editus, 2016.

APREMAVI. **Associação de Preservação do Meio Ambiente e da Vida**. 2020. Disponível em: <https://apremavi.org.br/mata-atlantica/>. Acesso em 18 jul. 2020.

CALEGARI, L. et al. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, 2010.

CARVALHO, F. A. et al. **A importância dos remanescentes florestais da Mata Atlântica da baixada costeira fluminense para a Conservação da biodiversidade na APA da bacia do rio São João/ Mico-leão-dourado/Ibama - RJ**. Anais do IV Congresso brasileiro de Unidades de Conservação. Curitiba: Boticário, p. 106-113, 2004.

CORDEIRO, B. S. **A Gestão de Lodos de Fossas Sépticas: Uma Abordagem por Meio da Análise Multiobjetivo e Multicritério**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM – 132/2010, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 143 p., 2010.

DE MORAES, L. F. D. et al. **Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro**. Embrapa Agrobiologia-Livro científico (ALICE), 2006.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2020. **Plantio por Mudas**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/721/fossa-septica-biodigestora>. Acesso em 19 ago. 2020.

FUJAMA. Fundação Jaraguaense de Meio Ambiente. 2020. **Educação Ambiental - Árvores encontradas em Jaraguá do Sul**. Acesso em 23 jul. 2020. Disponível em: <https://www.jaraguadosul.sc.gov.br/educacao-ambiental-arvores-em-jaragua-do-sul>.

GALBIATI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais), Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS, 2009.

KUNTSCHIK, D. P.; EDUARTE, M.; UEHARA, T. H. K. **Matas ciliares**. São Paulo: SMA, 2014. 80p.

PAMPLONA, S.; VENTURI, M. Esgoto à flor da terra: sistema de evapotranspiração é solução simples, acessível e sustentável. **Permacultura Brasil: soluções ecológicas**. Ano VI, n. 16, 2004.

SALUTA SANEAMENTO. **Sistema de Fossa Séptica e Filtro Anaeróbio**. Disponível em: <http://saluta.com.br/produto/fossa-septica-filtro-anaerobio/>. Acesso em 11 ago. 2020.

SILVA, W. T. L.; FAUSTINO, A. S.; NOVAES, A. P. **Eficiência do processo de biodigestão em Fossa Séptica Biodigestora inoculada com esterco de ovino**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 20 p., 2007.

SMITH, W. S.; SILVA, F. L.; BIAGIONI, R. C. Desassoreamento de rios: quando o poder público ignora as causas, a biodiversidade e a ciência. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo: v.22, 20 p., 2019.

SOSMA. 2020. Fundação SOS Mata Atlântica. **Observando os Rios 2020.** Disponível em: <https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2020/03/observando-rios-2020page-digital.pdf>. Acesso em 22 jul. 2020.

CAPÍTULO 4

CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA PROVENIENTE DA PALHA DO MILHO *Zea mays* PARA ANÁLISE DA VIABILIDADE DE PRODUÇÃO DE BRIQUETE

Data de aceite: 03/05/2021
Data de submissão: 09/02/2021

Isaac Anderson Alves de Moura
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Sousa - PB
http://lattes.cnpq.br/1042741568530051

Joelda Dantas
Universidade Federal da Paraíba - UFPB
João Pessoa - PB
http://lattes.cnpq.br/0835933416564294

Nyara Aschoff Cavalcanti Figueirêdo
Universidade Federal da Paraíba - UFPB
João Pessoa - PB
http://lattes.cnpq.br/9043047056313621

Rogério Moura Maia
EEMTI Alda Ferrer Augusto Dutra
Lavras da Mangabeira - CE
http://lattes.cnpq.br/7009655099301486

Daguimar Ferreira de Sousa
EEMTI Alda Ferrer Augusto Dutra
Lavras da Mangabeira - CE
http://lattes.cnpq.br/4642185532244066

Ingrid Lélis Ricarte Cavalcanti
Universidade Federal da Paraíba - UFPB
João Pessoa - PB
http://lattes.cnpq.br/4598063179226686

Riuzuani Michelle Bezerra Pedrosa Lopes
Universidade Federal da Paraíba - UFPB
João Pessoa - PB
http://lattes.cnpq.br/6408186920914457

RESUMO: A humanidade na busca pelo desenvolvimento econômico vem causando alterações ao meio ambiente e estas mudanças vem gerando um desequilíbrio, como o crescimento da população e dos centros urbanos, aumentando a necessidade da demanda por alimentos e energia. Com isso tem se tornado um desafio aos grandes centros de produção e consumo desenvolver métodos para que haja ampliação energética. O uso da biomassa se apresenta como uma das fontes para produção de energia. As diversas opções de beneficiamento da biomassa para o seu uso energético fomentam a necessidade de estudos acerca do seu potencial e características físico-químicas, a fim obter um melhor aproveitamento desta matéria-prima. Partindo disto, o presente trabalho concerne na caracterização química e energética do resíduo proveniente da palha do milho *Zea mays*. Com as análises realizadas encontrou-se que a média do poder calorífico superior das amostras do resíduo da palha do milho foi de 17192 MJ/Kg, maior que o poder calorifico de diversos combustíveis sólidos de origem vegetal. Os resultados aqui apresentados abrem caminho para respaldar o indicativo de viabilidade da produção de briquete a partir da biomassa oriunda da palha do milho, potencializando o ciclo de produção de forma inovadora e de maneira mais sustentável, em vista da agregação de valor dada a um resíduo.
PALAVRAS-CHAVE: Biomassa, Material lignocelulósico, Briquete.

CHARACTERIZATION OF THE BIOMASS FROM THE MAIZE STRAW *Zea mays* FOR ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF BRIQUET PRODUCTION

ABSTRACT: Humanity in the search for economic development has been causing changes to the environment and these changes have been generating an imbalance, such as the growth of population and urban centers, increasing the need for demand for food and energy. As a result, it has become a challenge for large production and consumption centers to develop methods for expanding energy. The use of biomass is presented as one of the sources for energy production. The various options for processing biomass for its energy use encourage the need for studies about its potential and physico-chemical characteristics, in order to obtain a better use of this raw material. Based on this, the present work concerns the chemical and energetic characterization of the residue from the corn straw *Zea mays*. With the analyzes carried out it was found that the average of the superior calorific power of the samples of the residue of the corn straw was of 17192 MJ/Kg, greater than the calorific power of several solid fuels of vegetal origin. The results presented here open the way to support the feasibility indicator of briquette production from biomass from corn straw, enhancing the production cycle in an innovative and more sustainable way, in view of adding value to a waste.
KEYWORDS: Biomass, Lignocellulosic material, Briquette.

INTRODUÇÃO

A humanidade na busca pelo desenvolvimento econômico vem causando alterações ao meio ambiente e estas mudanças vem gerando um desequilíbrio como o crescimento da população e dos centros urbanos aumentando a necessidade da demanda por alimentos e energia e com isso tem se tornado um desafio aos grandes centros de produção e consumo.

Para MIOLA et al. (2020) com o padrão de consumo da população, os produtos tendem a ser descartados antes do fim de seu ciclo de vida, sendo destinados aos lixões e aterros. Uma vez que a falta de reaproveitamento desses resíduos afeta a vida útil dos aterros, os estudos para reutilização de resíduos sólidos urbanos (RSU) estão cada vez mais frequentes, buscando soluções inteligentes para um futuro sustentável.

Essas situações existentes despertam a preocupação com o descarte dos resíduos lignocelulósicos, que podem causar problemas ambientais quando submetidos a ambientes inadequados, pois seu alto valor de matéria orgânico é uma fonte de nutrientes para microrganismos que são atraídos, levando a degradação da matéria. Além disso, os novos paradigmas relacionados à mitigação de impactos ambientais, dentre eles a diminuição das emissões de gases do efeito estufa, reforça a necessidade de obtenção de fontes alternativas, limpas e renováveis de energia.

Segundo Nunes et al. (2013) os materiais lignocelulósicos são formados por estruturas duras e fibrosas, compostas principalmente pelos polissacarídeos celulose e hemicelulose (cerca de 70% da massa seca), acompanhada por outra macromolécula, formada por álcoois aromáticos, a lignina, aos quais se encontram unidos por ligações covalentes e de hidrogênio.

Pois bem, uma das formas de utilizar esse resíduo e diminuir a pressão sobre o meio ambiente é destina-lo a produção de briquete, processo no qual os resíduos lignocelulósicos são compactados. A produção se dá através da briquetagem que é um processo eficiente, concentrando uma grande quantidade de energia proveniente da biomassa em uma pequena unidade de área, tendo em vista que os briquetes possuem no mínimo cinco vezes mais energia que os resíduos que os originaram, sendo que seu poder calorífico é superior até ao da lenha. A redução de volume atingida através da briquetagem é um fator que se deve levar em consideração, haja vista que grandes áreas destinadas à armazenagem de resíduo podem ser reduzidas a dimensões bem inferiores, obtendo ganho de espaço, redução de gastos com transporte, e maior ganho de energia (FLORES et al., 2009).

Existem várias rotas de melhor aproveitamento destes resíduos para energia, porém devido principalmente a heterogeneidade e a baixa densidade destes, a briquetagem é atualmente uma das alternativas mais viáveis técnica e economicamente para transformá-los em combustíveis com alta densidade energética e competitivo perante outras fontes (SOUZA et al., 2020).

O briquete é um produto fabricado pela compactação de resíduos orgânicos e renováveis, por isso afirmamos ser um produto 100% natural, Ecologicamente Correto e Sustentável segundo a página (BIOBRASA, 2019). Ele é composto por resíduos de madeiras em geral, como pó de serra, maravalhas/fitinhas, cavacos ou pedaços de madeira picadas, sem o uso de aglutinantes. O briquete é utilizado para a queima em caldeiras, fornos, aquecedores e outros similares, pois seu poder calorífico é maior do que da lenha ou biomassas diversas.

De acordo com Grossi (2015) biomassa é qualquer matéria orgânica de origem vegetal ou indiretamente animal, formada pelo processo de fotossíntese, que ocorre na presença de luz solar. Pode-se dizer que a biomassa é uma forma de armazenamento de uma pequena fração da energia solar que incide na superfície da Terra. Essa energia é armazenada na forma de ligações moleculares orgânicas e, por sua vez, é transformada e liberada por processos biológicos e termoquímicos. Vale destacar que é uma matéria renovável.

Entre os resíduos gerados na agricultura encontra-se a biomassa oriunda do milho. O Brasil é atualmente o terceiro maior produtor de milho do mundo, com produção de 82 milhões na safra 2017/2018 e deve crescer para 96 milhões de toneladas na safra 2018/2019. A China, na segunda posição, foi responsável por 215 milhões de toneladas na safra 2017/2018 e deve chegar a 225 milhões de toneladas na de 2018/2019, de acordo com estimativa do USDA. Já os Estados Unidos lideram a produção, com 370 milhões de toneladas na safra 2017/2018. Para 2018/2019, o desempenho do país deve oscilar, ficando em 361,4 milhões de toneladas (VALENTE, 2018).

O milho é cultivado em todas as regiões do Brasil. Sua produção ocorre em diferentes épocas do ano, devido às características relacionadas às condições climáticas das regiões.

O cultivo de verão, também chamado de primeira safra, é o semeio concentrado na primavera/verão e predomina na maioria das regiões produtoras, com exceção das regiões Norte e Nordeste, em que, pela época de maior concentração de chuvas ser a partir do mês de janeiro, o período de semeadura é denominado segunda safra. O cultivo do milho semeado na região Centro-Sul do Brasil, realizado após a colheita da soja, com semeio concentrado no verão/outono, convencionalmente é nomeado de safrinha (CONTINI, 2019).

De acordo com Valente (2018) o consumo vem aumentando levemente. Enquanto em 2016/2017, foram consumidos 1,036 bilhão de toneladas, em 2018/2019 a expectativa do USDA é de consumo de 1,087 bilhão de toneladas. Um dos principais vetores de ampliação é a destinação do produto para alimentação animal, alternativa que teve crescimento de 13,41% em cinco anos e de biocombustível, onde nos Estados Unidos é utilizado para produção de etanol.

O milho de nome científico *Zea mays* é originário da atual região do México e consumido pelos povos americanos desde 5000 a.C. utilizado na alimentação de maias, incas e astecas, eles o cultivavam e o utilizavam também na arte e religião. O grão se expandiu para o mundo com a chegada dos europeus à América, sendo levado por Cristóvão Colombo à Europa e por navegadores portugueses para a Ásia. Atualmente é cultivado e consumido em quase todos os continentes (COÊLHO, 2018).

Segundo Quirino (2019) alguns dos principais tipos de resíduos lignocelulósicos utilizados na briquetagem são: a palha de milho, pó de serra, serragem de madeira (eucalipto, pinus, seringueira entre outros), e resíduos de compensado (principalmente de pinus), casca de arroz e bagaço de cana.

Neste sentido, assim como toneladas de milho são produzidas, toneladas de resíduos provenientes do consumo são geradas. O desenvolvimento da pesquisa teve como objetivo a caracterização físico-química da farinha da palha do milho visando o potencial para à utilização posterior dos resíduos na elaboração de briquete.

METODOLOGIA

Foram utilizados como biomassa rejeitos provenientes da palha do milho *Zea mays* fornecidas pela propriedade rural, sítio varzea do saco (Figura 1), localizada na cidade de Lavras da Mangabeira – CE (Figura 2). Atualmente a cidade tem uma população estimada em cerca de 31 mil habitantes, e está mais especificamente situada na zona do sertão do Alto Jaguaribe, na mesorregião do centro-sul do Ceará, tendo o solo irrigado pelas águas dos mananciais que descem do cariri.

Figura 1. Plantação de milho *Zea mays* localizada no sítio Várzea do Saco no município de Lavras da Mangabeira, CE.

Fonte: (Autor)

Figura 2. Localização do município de Lavras da Mangabeira, CE, Nordeste do Brasil.

Fonte: (GARCIA, 2012)

As palhas do milho foram selecionadas, em seguida fez-se fragmentação, secagem e moagem para facilitar a conservação da matéria-prima.

A preparação da matéria-prima e pré-tratamento se deu através de cortes em pedaços menores que 3 cm, realizados manualmente com auxílio de uma tesoura, pesados e levados a estufa da marca MARCONI, modelo MA 035, onde o resíduo permaneceu por 24h a 100ºC, depois submetido à moagem em um moinho de facas macro, da marca MHTOLI e modelo 050M020, procediemtnos realizados no laboratório de ciências da Escola de Ensino Médio de Tempo Integral (EEMTI) Alda Férrer Augusto Dutra.

Em seguida, o resíduo foi levado para peneiração mecânica utilizando um peneirador Marca MATEST, modelo PENEIRADOR, com objetivo de padronização da granulometria da biomassa. Foi selecionada a peneira de meshs 80, vibração 60 (agitação).

Para determinação da umidade, foi utilizado 1 g de resíduo base seca. O teor de umidade foi baseado na determinação da perda de peso do produto submetido ao aquecimento a 105 °C, até peso constante. O teste foi feito utilizando a balança para determinação de umidade marca ANALÍTICA, modelo AND MF-50 0,05%/max 51 g. A análise foi realizada pelo Laboratório LabMaq (Laboratório de Materiais e Química Ambiental) do Departamento de Engenharia de Energias Renováveis, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

O teor de cinzas ou resíduo mineral fixo corresponde ao resíduo obtido por incineração em temperaturas de 550°C até a obtenção de cinzas claras. Foram utilizados cadinhos, Mufla marca QUIMIS, modelo FORNO MUFLA e balança de precisão, marca AAKER, modelo M214Ai. A análise foi realizada em triplicata utilizando 2 g do resíduo.

A análise de material volátil corresponde ao resíduo obtido por incineração em temperaturas de 950°C. Foram utilizados cadinhos, Mufla marca QUIMIS, modelo FORNO MUFLA e balança de precisão, marca AAKER, modelo M214Ai. A análise foi realizada em triplicata utilizando 1 g do resíduo.

Os elementos foram determinados por espectrometria de fluorescência de raio-X (FRX/EDX), utilizando um espectrômetro, modelo S2 Ranger, Bruker, com tubo de ródio como fonte de raios-X.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto ao teor de umidade encontrado foi de 8,07 % para o resíduo proveniente da palha do milho *Zea mays* seca a 100 °C, triturado, peneirado (mesh 80) (Tabela 1). Na determinação das cinzas, o resultado obtido para os ensaios realizados foi de 3,30 % para cada grama aproximadamente do resíduo da palha do milho (Tabela 1). Em relação à determinação de material volátil, o resultado observado foi de 69,56 % (Tabela 1).

Resultados que podem ser comparados com o de Alves (2014) que em pesquisa realizada com a palha do milho apresentando 10,33 % para umidade, 2,30 % e material volátil 86,33 %.

Este estudo permitiu identificar na literatura a quantidade de poder calorífico dos resíduos da palha do milho, apresentando valor de 17192 KJ/kg (Tabela 1). Segundo Vale, Dantas e Zambrzycki (2013) o valor encontrado foi de 19090 KJ/Kg, resultado parecido foi analisado por Alves (2014) em estudo realizado com a palha do milho que identificou um PCS de 18580 KJ/kg. Comparando com outro tipo de resíduo agrícola o resultado observado para a casca de amendoim é de 13248 KJ/kg, valor inferior do encontrado nessa pesquisa (FLORESTAL, 2014).

De acordo com Caires (2010) a lenha apresenta um poder calorífico entre 7112 e 10460. Já o briquete proveniente dos resíduos agricolas o valor pode variar de 16736 e 20083 mostrando valores mais elevados do que a lenha. Outro dado abordado faz referência à umidade onde a lenha apresenta 20 a 45 % considerado alta em relação ao briquete que apresenta entre 8 a 12 %.

Análises	**%**	KJ/Kg
Umidade	8,07	-
Cinzas	3,30	-
Material volátil	69,56	-
PCS	-	17192

Tabela 1. Caracterização Físico-Química da farinha proveniente da palha do milho *Zea mays*.

Na determinção da composição química através da análise de fluorescência de raio-X os principais elementos detectados na farinha proveniente da palha do milho foram: SiO_2 - óxido de silício em maior quantidade, apresentando concentração de 38,44% em massa. O K_2O - Óxido de potássio também foi identificado em quantidades significativas, com uma concentração de 21,39 % em massa do resíduo estudado. Outros elementos encontrados foram: P_2O_5 - Pentóxido de fósforo 11,30 %, MgO - Óxido de magnésio 9,10 %, Cl – Cloro 7,28 %, SO_3 - Óxido sulfúrico 4,28 %, CaO - Óxido de cálcio 2,78 %, Al_2O_3 - Óxido de alumínio 2,64 %, Fe_2O_3 - Óxido de ferro 1,17 %, TiO_2 - Dióxido de titânio 0,88 %, ZnO - Óxido de zinco 0,17 %, CuO - Óxido de cobre 0,12 %, MnO – Óxido de Manganês 0,09 % e ZrO_2 - Óxido de zircônio 0,05 % (Tabela 2).

Elemento	Fórmula	Concentração (%)
Óxido de silício	SiO_2	38,44
Óxido de potássio	K_2O	21,39
Pentóxido de fósforo	P_2O_5	11,30
Óxido de magnésio	MgO	9,10
Cloro	Cl	7,28
Óxido sulfúrico	SO_3	4,28
Óxido de cálcio	CaO	2,78
Óxido de alumínio	$A_{l2}O_3$	2,64
Óxido de ferro	Fe_2O_3	1,17
Dióxido de titânio	TiO_2	0,88
Óxido de zinco	ZnO	0,17
Óxido de cobre	CuO	0,12
Óxido de Manganês	MnO	0,09
Óxido de zircônio	ZrO_2	0,05

Tabela 2. Análise de FRX - principais elementos detectados na farinha proveniente da palha do milho *Zea mays*.

Esses elementos são comumente encontrados em matéria lignocelulósica. Em pesquisa realizada por Viana et al. (2017) com a casca da árvore do jatobá-do-cerrado in natura foram observados óxido de potássio, óxido de cálcio, óxido sulfúrico, pentóxido de vanádio e óxido de ferro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo preliminar com a palha do milho evidenciou que este tipo de resíduo gera uma grande quantidade de rejeitos que podem ser utilizados como fonte de biomassa, pois o milho é um alimento dos mais consumidos em todo o Planeta, além da sua utilização como materia prima para produção de etanol.

Na preparação da palha residual mediante o pré-tratamento mecânico para produção da farinha foi tido como eficiente, pois, o método apresentou a mesh desejada para posterior caracterização da palha.

Dos resultados obtidos neste trabalho, pode-se inferir que, a princípio, há uma possibilidade de se produzir briquete a partir dos resíduos da pala do milho, o que indica ser uma possível alternativa na produção desse combustível sólido.

O poder calorífico apresentado nessa pesquisa é considerado alto em relaçao ao da lenha, materia utilizada para aquecimento de caldeiras, fornos entre outros. Dado bastante relevante para a destinação de uma determinada biomassa para produção do briquete.

Quanto a composição química os principais elementos detectados de acordo com seus percentuais na farinha proveniente da palha do milho foram o SiO2 - óxido de silício em e K2O - Óxido de potássio.

Os resultados aqui apresentados abre caminho para respaldar o indicativo de viabilidade da produção de briquete a partir da biomassa oriunda da palha do milho, potencializando o ciclo de produção de forma inovadora e de maneira mais sustentável, em vista da agregação de valor dada a um resíduo.

REFERÊNCIAS

ALVES, D. A. de H. **Avaliação do potencial energético de resíduos de produção agrícola provenientes do beneficiamento da mancioca e do milho**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Unidade Acadêmica Centro de Tecnologia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2014.

BIOBRASA. Soluções em Energias Limpa e Renováveis. O QUE É BRIQUETE?. Disponível em: < http://www.biobrasa.com.br/index.php?id_cms=8&controller=cms>. Acesso em: 01 de maio de 2019.

CAIRES, R. R. **Briquetagem de resíduos – biomassa**. Faculdade de Engenharia Agricola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, julho de 2010.

COÊLHO, J. D. Produção de grãos – feijão, milho e soja. **Caderno Setorial - Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE**, ano 3, Nº 51, novembro de 2018.

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A. De; SILVA, A. F. Da; SILVA, D. D. da, MACHADO, J. R. de A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V. Da.; MENDES, S. M. Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos. **EMBRAPA**, fevereiro de 2019.

FLORES, W. de P.; YAMAJI, F. M.; VENDRASCO, L. COSTA, D. R. Da. Redução do volume de biomassa no processo de briquetagem. **Revista da madeira** - edição n°121 - novembro de 2009. Disponível em: < http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1419&subject=E%20mai> Acesso em 17/09/2019.

FLORESTAL, I. M. Estudo do potencial energético de calor de cada biomassa / resíduo agrícola e vegetal. **Engasp**, imflorestal, março 2014.

GARCIA, F. Ceara em fotos e histórias. **Blogspot**, 23 de junho de 2012. Disponível em: < http://cearaemfotos.blogspot.com/2012/06/dona-fideralina-matriarca-de-lavras-da.html>. Acesso em 03 de fevereiro de 2021.

GROSSI, E. C. **Produção de etanol de segunda geração a partir de um derivado de celulose**. p. 77, 2015.

MIOLA, B.; FROTA, M. M. M.; OLIVEIRA, A. G. De; UCHÔA, K. M.; FILHO, F. de A..L. Aproveitamento energético dos resíduos de cascas de coco verde para produção de briquetes. **Eng. Sanit. Ambient**., Rio de Janeiro, v. 25, n. 4, p. 627-634, Aug. 2020. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-15220200004006 27&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 31 de Janeiro de 2021.

NUNES, R. M.; GUARDA, E. A.; SERRA, J. C. V.; MARTINS, Á. A. Resíduos agroindustriais: potencial de produção do etanol de segunda geração no Brasil. **Liberato**, v. 14, n. 22, p. 113–123, 2013.

QUIRINO, W. F. **Utilização energética de resíduos vegetais**. Disponível em: < http://www.mundoflorestal.com.br/arquivos/aproveitamento.pdf >. Acesso em 17/09/2019.

SOUZA, M. M.; BARBOSA, A. C.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.. Produção e avaliação de briquetes compostos por diferentes proporções de resíduos sólidos urbanos. **Nature and Conservation**, v.13, n.3, p.93-105, 2020. Disponível em: < http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2020.003.0009>. Acesso em 31 de janeiro de 2021.

VALE, A. T. do; DANTAS, V. F. de S.; ZAMBRZYCKI, G. C. Potencial energético dos resíduos da cultura do milho (*zea mays*). **Evidência**, Joaçaba v. 13 n. 2, p. 153-164, jul./dez. 2013.

VALENTE, J. Produção e exportação de milho devem crescer na safra 2018/2019. **Agencia Brasil**, Brasília, 20 de agosto de 2018. Disponível em: < http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2018-08/producao-e-exportacao-de-milho-devem-crescer-na-safra-20182019>. Acesso em 17/09/2019.

VIANA, N. A.; GUIMARÃES, M. G.; BRASIL, A. C. de M.; VALE, A. T. do; MACEDO, J. L. de; GHESTI, G. F. Gaseificação da casca do jatobá-do-cerrado: caracterização e comparação entre simulação e ensaios laboratoriais. **Revista Brasileira de Energia**, Vol. 23, Nº 3, 3º Trim. 2017.

CAPÍTULO 5

CINÉTICA DE DECAIMENTO DE PATÓGENOS ENTÉRICOS EM FARINHA DE CARNE E OSSO SOB CONDIÇÕES SUBTROPICAIS DE TEMPERATURA

Data de aceite: 03/05/2021
Data de submissão: 29/01/2021

Deivid Roque de Moraes
Universidade do Contestado – UnC
Concórdia, Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/1821803242288654

Fabiane Toniazzo
Universidade do Estado de Santa Catariana
Lages, Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/6928346568594384

Tainá Seidel Durante
Universidade do Contestado – UnC
Concórdia, Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/8529228972845757

Martha Mayumi Higarashi
Embrapa Suínos e Aves
Concórdia, Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/3260225350559294

Aline Viancelli
Universidade do Contestado – UnC
Concórdia, Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/1177756678285550

Nivia Rosana Weber Peter
Universidade do Contestado – UnC
Concórdia, Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/6618788866159524

William Michelon
Universidade do Contestado – UnC
Concórdia, Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/1915524637784633

Daniel Celestino Fornari Bocchese
Universidade do Contestado – UnC
Concórdia, Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/6506864014446589

Helton Araujo Couto Carneiro
Universidade do Contestado – UnC
Concórdia, Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/7023400895052458

Denilson Lorenzatto
Universidade do Contestado – UnC
Concórdia, Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/3741011810065791

Marinara da Silva Machado
Universidade do Contestado – UnC
Concórdia, Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/2046513515333182

RESUMO: Uma das grandes preocupações relacionadas a cadeia produtiva de suínos, refere-se a destinação correta das carcaças, devido ao seu potencial poluidor. Uma das possibilidades de destinação destes resíduos poderia ser a fabricação de farinha de carne e osso para posterior aplicação como fertilizante. No entanto, para se garantir a biossegurança é necessário considerar o período de estocagem do produto embalado. Diante disso, o presente estudo objetivou avaliar o tempo de sobrevivência de patógenos em farinha de carne e osso estocadas em diferentes temperaturas. Para isso, reatores contendo 1 kg de farinha de carne e osso foram mantidos em diferentes temperaturas: 26°C, representando a clima

de verão, e 13°C representando o clima de inverno de regiões subtropicais. A cada reator foram adicionadas suspensões bacterianas contendo *Escherichia coli* (*E. coli*) e *Salmonella enterica* sorovar Senftenberg (*S.* Senftenberg) em concentrações conhecidas. Amostras de farinha foram coletas ao longo do tempo até a morte total dos micro-organismos. Para a quantificação bacteriana, 25 g de amostra foram diluídas em solução salina, e semeadas em Agar Chromocult e XLD para quantificação de *E. coli* e *S.* Senftenberg, respectivamente. Os resultados mostraram que para a estocagem de farinha em temperaturas miméticas ao verão (26°C) a sobrevivência de patógenos estende-se por 6 dias para *S.* Senftenberg e 12 dias para *E. coli*. Já na temperatura característica do período de inverno (13°C), a sobrevivência estendeu-se por 6 e 37 dias para *S.* Senftenberg e *E. coli,* respectivamente, mostrando que nestas condições há necessidade de estender o período de estocagem destas farinhas. Neste sentido, o uso de carcaças de suíno para produção de farinha de carne mostra-se como uma alternativa para agregação de valor aos resíduos, para posterior reuso como fertilizante.
PALAVRAS-CHAVE: *Escherichia coli, Salmonella* sp.*,* carcaças, suíno.

INACTIVATION KINETICS OF ENTERIC PATHOGENS IN MEAT AND BONE MEAL IN SUBTROPICAL TEMPERATURE CONDITIONS

ABSTRACT: Recently, one of the main concerns in swine production chain refers to carcasses' destination considering their high pollution potential. A promising alternative is producing meat and bone meal that can be later used as fertilizer. However, to ensure the microbial security of the product it is necessary to consider the temperature of storage. Therefore, this study aimed to evaluate the survival of pathogenic bacteria biomarkers in meat and bone meal stored at different temperatures. The experiments were conducted in reactors containing 1 kg of meal, which were incubated at 26°C, representing summer conditions, and at 13°C, representing winter conditions. At each reactor, known concentrations of *Escherichia coli* (*E. coli*) e *Salmonella enterica* sorovar Senftenberg (*S.* Senftenberg) were added. Meal samples were periodically collected along the time until total microbial death. For bacteria quantification, 25 g of meal were collected and cultivated on Chromocult and XLD agar for *E. coli* and *S.* Senftenberg, respectively. The results showed that in meat and bone meal stored at summer temperatures (26°C) the pathogen survived for 6 and 12 days for *S.* Senftenberg and *E. coli*, respectively; while in winter temperatures (13°C) the survival time was of 6 and 37 days for *S.* Senftenberg and *E. coli*, respectively. These findings highlight the importance of storage management of meat and bone meal, nevertheless it remains being an attractive alternative for swine carcasses destination and residues value aggregation.
KEYWORDS: *Escherichia coli, Salmonella* sp.*,* carcasses; swine.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é o quarto maior exportador de carne suína do mundo, produzindo aproximadamente 3,9 milhões de toneladas em 2019 (ABPA, 2020). Neste contexto, o estado de Santa Catarina comporta o maior rebanho de suínos do país, com cerca de 29,5% de toda a produção (ABPA, 2020). A suinocultura brasileira além de contribuir

economicamente com diversos segmentos, como produção de grãos e insumos, tem uma enorme importância social visto que a mesma contribui para o sustento de grande parte das pequenas e médias propriedades, sendo um pilar do desenvolvimento econômico e social, gerando renda e qualidade de vida e empregando direta ou indiretamente muitos trabalhadores (YUNES et al., 2017).

Contudo, assim como a produção é expressiva, estima-se que cerca de 3,3 milhões de toneladas de subprodutos de origem animal não-comestíveis sejam gerados nas plantas de criação, no abate ou no processamento (MOREIRA, 2018). Dentre estes subprodutos, destacam-se vísceras, sangue, pelos, sebo, ossos, e as carcaças inteiras, quando a morte ocorre por doenças ou causas desconhecidas (MOREIRA, 2018). Esses produtos, quando passam por processamento, tornam-se matéria-prima para a fabricação de farinhas de carne, que entre outras aplicabilidades, é um excelente fertilizante (NOGALSKA et al., 2017).

Considerando o rebanho brasileiro de suínos e os coeficientes de mortandade média, estima-se que o país totalize anualmente 110 mil toneladas de carcaças (KRABBE; WILBERT, 2016). Neste contexto, a fim de buscar alternativas para a destinação destas carcaças, têm-se fomentado a transformação destas em farinhas, e essas aplicadas como fertilizantes (NOGALSKA et al., 2017). Os processos de fabricação de farinha compreendem aquecimento acima de 100º C, o que promove a destruição de micro-organismos patogênicos (KANTOREK et al., 2020). No entanto, por ser um material rico em nutrientes, é prudente avaliar o comportamento de patógenos nesta matriz, tendo em vista a possiblidade de contaminação pós-processamento do produto. Para avaliar estas condições, normalmente faz-se a uso de micro-organismos modelo, cujo comportamento seja representativo de outros grupos, sendo as bactérias *Escherichia coli* (*E. coli*) e *Salmonella enterica* sorovar Senftenberg (*S.* Senftenberg) comumente empregadas (LEIVA et al., 2018).

Diante de todo o exposto, o presente estudo teve por objetivo verificar o comportamento de micro-organismos modelo (*E. coli* e *S.* Senftenberg) em farinha de carne e osso estocadas em temperaturas miméticas ao verão (26°C) e ao inverno (13°C) de regiões subtropicais.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização físico-química e microbiológica da farinha

A farinha de carne e osso utilizada foi adquirida em uma indústria de reciclagem animal situada no Oeste do Estado de Santa Catarina. A farinha é fabricada em escala industrial, com extração da gordura (que segue para produção de biodiesel), cozimento em altas temperaturas (não inferior a 133ºC) e secagem por rotor e extração. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos foram avaliados de acordo com APHA (2012), e estão apresentados na Tabela 1.

Parâmetros	Farinha
Matéria Seca	95,07 %
N	94639 mg kg^{-1}
$N\text{-}NH_4$	456 mg kg^{-1}
$N\text{-}NO_2$	0
$N\text{-}NO_3$	0
P	25086 mg kg^{-1}
Ca	35890 mg kg^{-1}
Mg	1452 mg kg^{-1}
Cu	14,8 mg kg^{-1}
Zn	115,56 mg kg^{-1}
Fe	1038,26 mg kg^{-1}
Mn	18,56 mg kg^{-1}
K	7700 mg kg^{-1}
Na	5516 mg kg^{-1}
pH	6,02 un.
E. coli	10^1 UFC $25g^{-1}$
Salmonella sp.	ausente UFC $25g^{-1}$

Tabela 1. Caracterização físico-química e microbiológica da farinha de carne e osso.

2.2 Produção de inóculo bacteriano

Para a preparação do inóculo, cepas padrão de *E. coli* e *S.* Senftenberg foram propagadas em ágar nutriente e incubadas a 37ºC por 24 horas. Após este período, colônias bacterianas foram gradativamente adicionas a um volume conhecido de solução salina 0,9% até atingirem a turvação equivalente ao tubo 0,5 da escala de McFarland (Remel®), e subsequentemente submetido a diluição seriada de forma a obter uma concentração final de 10^6 Unidades Formadoras de Colônias (UFC). Essa suspensão bacteriana foi adicionada a cada reator e a sobrevivência foi avaliada até a morte total dos micro-organismos.

2.3 Sobrevivência de patógenos entéricos

Para os experimentos de sobrevivência foram montados reatores (em triplicata) contendo 1 kg de farinha, os quais foram alocados em incubadora e mantidos em diferentes temperaturas: 26°C, representando a clima de verão em regiões subtropicais, e 13°C representando o clima de inverno de regiões subtropicais. A cada reator foram adicionadas suspensões bacterianas, conforme descrito no item 2.2. Amostras de farinha foram coletas no tempo zero, diariamente até o 4º dia, e semanalmente até a morte total dos patógenos.

2.4 Quantificação bacteriana

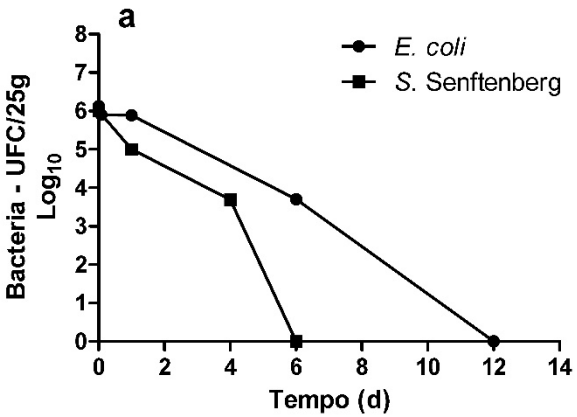
Para quantificação de *E. coli*, amostras contendo 25 g de farinha foram coletas assepticamente e submetidas a diluição seriada (base 10), e então semeadas em Agar Chromocult® (FINNEY et al., 2003). Para quantificação de *S.* Senftenberg as amostras contendo 25 g de farinha foram submetidas a diluição seriada (base 10) em solução salina e então semeadas em Ágar XLD (MAGRI et al, 2013). Todas as incubações foram realizadas a 37 ºC por 24 horas, e então as colônias típicas foram contadas, e todos os resultados expressos UFC $25g^{-1}$.

2.5 Cinética de inativação

O quociente de inativação e o tempo necessário para a redução de $1Log_{10}$ de micro-organismos modelo (T_{90}= 1/-k) foram calculados de acordo com Ottoson et al. (2008), considerando a curva de regressão linear com $r^2 \geq 0.75$.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os resultados de sobrevivência dos micro-organismos nos diferentes cenários de temperatura. Os resultados mostraram que quando a farinha é armazenada em temperaturas miméticas ao verão de regiões subtropicais (26°C), a sobrevivência de patógenos estende-se por 6 dias para *S.* Senftenberg e 12 dias para *E. coli*. Já na temperatura característica do período de inverno (13°C), a sobrevivência estendeu-se por 6 e 37 dias para *S.* Senftenberg e *E. coli,* respectivamente.



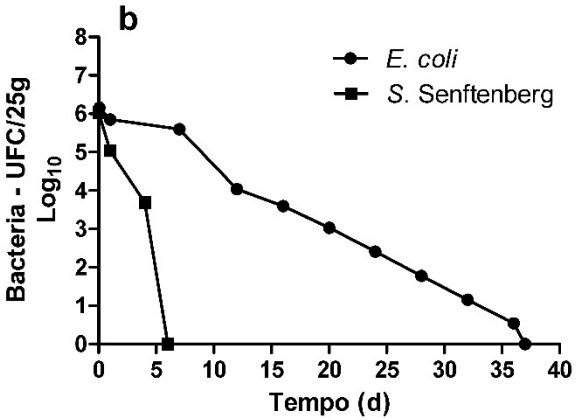


Figura 1. Perfil de sobrevivência de *E. coli* e *S.* Senftenberg em farinha de carne e osso de suínos, estocadas a 26°C (a) e 13°C (b).

O coeficiente de inativação (k), o tempo necessário para a inativação de 90% dos micro-organismos (T_{90}) e o r^2 da regressão linear são mostrados na Tabela 2. O valor de k indica que *S.* Senftenberg apresenta um taxa de inativação similar em ambas as temperaturas, enquanto que *E. coli* tem uma taxa de inativação melhor a 26°C. Destaca-se ainda que, nas primeiras 24 horas após a contaminação da matriz, ocorre inativação de 90% da população bacteriana de *S.* Senftenberg, nas temperaturas avaliadas. Já para contaminações com *E. coli,* durante períodos de inverno, o decréscimo de 90% da população se dá em 7,5 dias. Em contrapartida, em temperaturas de verão, o tempo necessário para a redução da mesma carga bacteriana é de 2,4 dias.

Temperatura (°C)	*E. coli*				*S.* Senftenberg			
	- k (d^{-1})	T_{90} (d)	T_{total} (d)	r^2	- k (d^{-1})	T_{90} (d)	T_{total} (d)	r^2
13	0,1602	7,51	38,72	0,991	0,9151	1,32	6,78	0,908
26	0,4986	2,46	12,49	0,985	0,9071	1,29	6,80	0,905

Tabela 2. Cinética de redução de *E. coli* e *S.* Senftenberg em farinha de carne e osso estocadas em diferentes temperaturas.

Os resultados encontrados destacam a importância do cuidado no armazenamento e transporte de farinhas de carne e osso, uma vez que seu rico conteúdo nutricional atrai naturalmente aves e roedores, os quais podem levar contaminação microbiológica para esta matriz e desta para outros locais (BOUMART et al., 2012; KOYUNCU et al., 2013; PEDERSEN et al., 2008;). A natureza nutricional desta matriz e seu potencial para contaminação pós-processamento já foi destacada anteriormente (MOURA et al., 2017).

Estudos tem observado a altas taxas (92%) de contaminação de farinha de carne por enterobactérias, com maior frequência de *Escherichia coli, Enterobacter agglomerans, Enterobacter cloacae, Klebsiella pneumoniae,* e *Salmonella* spp (COX et al., 1983).

Em contraste com o presente estudo, onde as amostras de farinha não apresentaram naturalmente contaminação por *Salmonella* sp. (Tabela 1), outros estudos tem destacado ao longo do tempo a possibilidade de ocorrência deste patógeno em grande quantidade nos lotes de farinha animal, variando de 46 a 90% de amostras contaminadas (BOSQUIROLI, 1996; SANTOS et al. 2000).

No entanto, é importante também destacar que o tempo de sobrevivência de patógenos pode estar relacionado com a atividade da água presente na matriz contaminada, sendo que quanto menor a porcentagem de água, mais rápido é o decréscimo destes micro-organismos (MOSSEL; KOOPMAN, 1965; SARTORELLI et al., 2003).

Considerando a produção animal brasileira, a quantidade de carcaças geradas anualmente é expressiva, tornando a implantação de normas, procedimentos e técnicas de biossegurança indispensáveis. Esses cuidados devem ser tomados desde as granjas, fábricas de ração animal até a aplicação final da farinha de carne e osso (PANDEY et al., 2020). As práticas relacionadas à biossegurança reforçam também o desenvolvimento econômico de um país, e questões como monitoramento, tecnologia para detecção de contaminação e certificações de segurança, são cada vez mais necessárias (KASBEKAR, 2018).

4 I CONCLUSÕES

Embora tenha sido observada a sobrevivência de *E. coli* por longos períodos de tempo, quando presente em farinhas estocadas a temperaturas baixas (13ºC), é importante destacar que em casos de contaminação natural a carga bacteriana geralmente é de 10^1 UFC, o que levaria a rápida inativação deste patógeno. O comportamento das cepas de *S.* Senftenberg apresentaram inativação mais rápida do que a observada para *E. coli,* destacando a importância de se utilizar diferentes biomarcadores de contaminação. Além disso, destaca-se que a biosseguridade no reuso de farinha de carne e osso como fertilizante não deve ser baseada em análises pontuais, mas sim em um monitoramento constante dos lotes.

REFERÊNCIAS

ABPA. **ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal – Relatório anual (2020) São Paulo.** Disponível em: https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2020/05/abpa_relatorio_anual_2020_portugues_web.pdf. Acesso em: 26 janeiro 2021.

APHA. **Standard methods for the examination for water and wastewater**. 22nd. ed. Washington, DC: American Water Works Association, 2012.

BOSQUIROLI, S.L. **Estudo epidemiológico sobre a ocorrência de salmonelas em umaempresa de inegração de frangos de corte**. 1996. 58 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia dos Alimentos) -Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

BOUMART, Z. et al. Heterogeneity of persistence of Salmonella enterica serotype Senftenberg strains could explain the emergence of this serotype in poultry flocks. **Plos One Journal**, v.7, n. 4, p. 1-10, 2012.

COX, N. A. et al. Salmonella and other Enterobacteriaceae found in commercial poultry feed. **Poultry Science**, v. 62, n. 11, p. 2169-2175. 1983.

FINNEY, M. et al. Evaluation of Chromocult coliform agar for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae from faecal samples from healthy subjects. **Journal of Microbiological Methods**, v. 54, n. 3, p. 353-358. 2003.

KANTOREK, M. et al. Thermal utilization of meat-and-bone meal using the rotary kiln pyrolyzer and the fluidized bed boiler–The performance of pilot-scale installation. **Renewable Energy**, v. 164, p. 1447-1456. 2020.

Kasbekar, A. (2018). Top Food Safety Challenges of 2018 in Europe, the US and Beyond. Available online at: https://www.newfoodmagazine.com/article/64715/food-safety-2018/. Acesso em: 25 janeiro 2021.

KOYUNCU, S. et al. Organic acids for control of Salmonella in different feed materials. **BMC Veterinary Research**, v. 9, n. 1, p. 81, 2013.

KRABBE, E. L., WILBERT, C. A. Os passivos das cadeias de produção de proteína animal – animais mortos. **Avicultura Industrial**. v.1, ed. 1251, p. 24-31, 2016.

LEIVA, A. et al. Characterization of the animal by-product meal industry in Costa Rica: Manufacturing practices through the production chain and food safety. **Poultry Science**, v, 97, n. 6, p. 2159-2169. 2018.

MAGRI, M. E. et al. Inactivation of pathogens in feces by desiccation and urea treatment for application in urine-diverting dry toilets. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 79, n. 7, p. 2156–2163. 2013.

MOREIRA, D. S. **Caracterização do fluxo de subprodutos não comestíveis de origem animal no Estado do Maranhão no período de 2013 a 2016**. 2018. 86 f. Dissertação (Mestrado em Defesa Sanitária Animal) - Universidade Estadual Do Maranhão, São Luís,2018.

MOSSEL, D. A. A.; M. J. KOOPMAN. Losses in viable cells of salmonellae upon inoculation into dry animal feeds of various types. **Poultry Science**, v. 44, p. 890-892. 1965.

MOURA, R. B. et al. Microbiological evaluation of meat and bone meal-Sinop-MT. **Scientific Electronic Archives**, v. 10, n. 4, p. 7-12. 2017.

NOGALSKA, A. et al. The effect of meat and bone meal (MBM) on the nitrogen and phosphorus content and pH of soil. **Agricultural and Food Science**. V. 26, n. 4, p. 181-187. Dec. 2017

OTTOSON, J. et al. Salmonella reduction in manure by the addition of urea and ammonia. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 1610-1615. 2008.

PANDEY, P. et al. Improving Biosecurity Procedures to Minimize the Risk of Spreading Pathogenic Infections Agents After Carcass Recycling. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, p. 623, 2020.

PEDERSEN, B. et al. Persistence of Salmonella Senftenberg in poultry production environments and investigation of its resistance to desiccation. **Avian Pathology**, v. 37, n. 4, p. 421-427, 2008.

Sartorelli, S.A. et al. Nutritional and microbiological evaluation of meat and bone meal produced in the State of Minas Gerais. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 5, n. 1, p.51-60. 2003

SANTOS, E. J. et al. Qualidademicrobiológica de farinhas de carne e ossos produzidas no Estado de Minas Gerais paraprodução de ração animal. **Ciência Agropecuáriaria**, v.24, n.2, p.425-433. 2000.

YUNES, M.C. et al. Brazilian citizens' opinions and attitudes about farm animal production systems. **Animals**, v. 7, n. 10, p. 75, 2017.

CAPÍTULO 6

IDENTIFICAÇÃO DE GENES DE RESISTÊNCIA À FERRUGEM-DA-FOLHA EM TRIGO COMO ESTRATÉGIA PARA SEGURANÇA ALIMENTAR E AMBIENTAL

Data de aceite: 03/05/2021

Sabrina Fátima Dreyer
Biomédica. Universidade Luterana do Brasil
Campus Carazinho
http://lattes.cnpq.br/6442506722992158

Fátima Husein Abdalla
Biomédica. Universidade Luterana do Brasil
Campus Carazinho
http://lattes.cnpq.br/7953691285006874

Sandra Patussi Brammer
Bióloga, Pesquisadora. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Trigo
Passo Fundo – RS
http://lattes.cnpq.br/0831352052358625

Cássia Canzi Ceccon
Bióloga, bolsista DTI/CNPq. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Trigo
Passo Fundo – RS
http://lattes.cnpq.br/3095134137550295

RESUMO: O trigo, *Triticum aestivum* L., se destaca pela importância como produto do consumo humano e animal, porém, têm sua produção afetada por mudanças climáticas e ocorrência de doenças, dentre estas, se destaca a ferrugem-da-folha, causada pelo fungo *Puccinia triticina* Eriks, o qual acaba por reduzir a produtividade e afetar a segurança alimentar desta cultura. Para aumento da resistência na planta, destaca-se a translocação recíproca 1BL.1RS, provinda de *Secale cereale*, e as translocações 7DL.7Ae, 3DL.3Ae, provindas de *Thinopyron ponticum*. O objetivo do estudo foi verificar a resistência genética à ferrugem-da-folha em cinco cultivares de trigo para prospecção de fontes genéticas seguras do ponto de vista alimentar e ambiental. Para isto se utilizou técnicas de Hibridização Genômica *In Situ* (GISH) e de marcadores moleculares de DNA, relacionando-as com as avaliações fitopatológicas e a efetividade da mistura de cinco raças de *P. triticina*. Por meio da GISH, verificou-se a translocação 1BL.1RS na cultivar BRS 296 e pelo marcador molecular 011B3/011B5-Lr26 a identificação do gene Lr26, também para essa cultivar, que conferiu resistência à *P. triticina*, confirmada pela análise fitopatológica com severidade de 10%. Dessa forma, foi possível a identificação da resistência à ferrugem-da-folha do trigo destacando que a seleção de cultivares com resistência genética ao patógeno causador da ferrugem-da-folha, permitirá diminuição do emprego de fungicidas e, como consequência, alimentos mais saudáveis e seguros ambientalmente.

PALAVRAS-CHAVE: Marcadores moleculares, PCR, translocações cromossômicas, *Puccinia triticina, Triticum aestivum*

IDENTIFICATION OF LEAF RUST RESISTANCE GENES IN WHEAT AS A STRATEGY FOR FOOD AND ENVIRONMENTAL SECURITY

ABSTRACT: Wheat, *Triticum aestivum* L., stands out for its importance as a product of human and animal consumption, however, its production is affected by climatic changes and the occurrence of diseases, including leaf rust, caused by the

fungus *Puccinia triticina* Eriks, which reduce the productivity and affect the food security of this crop. The different translocations are known between the cereals, standing out the reciprocal 1BL.1RS, coming from the *Secale cereale*, and the translocations 7DL.7Ae, 3DL.3Ae, coming from the *Thinopyron ponticum*. The objective of the study was to verify the genetic resistance to leaf rust in five wheat cultivars for prospecting of food and environmental safe genetic sources. Genomic In Situ Hybridization (GISH) and DNA molecular markers techniques were used, relating them to phytopatological evaluations and the effectiveness of the mixture of five *P. triticina* races. Through GISH, translocation has been verify in the 1BL.1RS on the cultivar BRS 296 and the molecular marker 011B3 / 011B5-*Lr*26 identified the *Lr*26 gene, also for this cultivar, which conferred resistance to *P. triticina*, confirmed by phytopatological analysis with 10% of severity. In our study it was possible to identify resistance to wheat leaf rust, in this way, the selection of cultivars with genetic resistance to the leaf, rust pathogen will reduce the use of fungicides and, as a result, healthier and more environmentally safe foods.
KEYWORDS: Molecular markers, PCR, chromosomal translocations, *Puccinia triticina, Triticum aestivum.*

1 | INTRODUÇÃO

O trigo cultivado, *Triticum aestivum* L., é de extrema importância tanto no setor alimentício como no econômico, além de ser a terceira cultura dos cereais de maior produção no mundo, ficando atrás do arroz e milho. O grão é usado principalmente para consumo humano, pois possui carboidratos (60-80%), gorduras, vitaminas B e E, minerais e proteínas. Esta espécie é responsável por suprir 20% das calorias ingeridas pela população mundial, e também no desenvolvimento de produtos não alimentícios e na alimentação animal (BARBIERI; STUMPF, 2008).

A produção tritícola no Brasil/safra 2020 foi de 6,4 milhões de toneladas (IBGE, 2020), sendo que o consumo brasileiro estimado ultrapassa a marca de 12 milhões de toneladas (CONAB, 2020), evidenciando que a demanda é maior que a produção interna, tornando a importação necessária (FINGER et al., 2017).

Fatores ambientais e a incidência de doenças, como é o caso da ferrugem-da-folha, causada pelo fungo *Puccinia triticina* Eriks, afetam com frequência, a produtividade e a qualidade do produto final do trigo. O fungo é altamente destrutivo, atacando principalmente as folhas e, por ser biotrófico, os nutrientes são retirados nas células vivas do hospedeiro (FINGER et al., 2017). Além do impacto econômico, o controle químico da ferrugem-da-folha do trigo causa também um impacto à biodiversidade, à saúde humana e animal a ao ambiente, uma vez que, a cultura do trigo tem importância estratégica para o Brasil, por constituir um dos principais produtos do agronegócio nacional.

A ferrugem-da-folha do trigo é limitante do aumento sustentável da produção de trigo, representando assim, uma ameaça real à segurança alimentar, restringindo à estabilidade da produção global do grão. O manejo da doença é essencial para o aumento e estabilidade da produção mundial, sendo o desenvolvimento e adoção de cultivares resistentes o método

mais eficaz e sustentável, contribuindo na redução do uso de fungicidas e superando os riscos ambientais e à saúde humana, um componente essencial dos sistemas modernos de produção sustentáveis (SAVADIA et al., 2018).

O melhoramento genético tem como uma das suas metas a incorporação de resistência genética nas cultivares, possibilitando minimizar as perdas de produção, decorrentes de doenças fúngicas, como é o caso da ferrugem-da-folha em trigo (MUTARI et al., 2017). As relações citotaxonômicas e a descoberta da imensa variabilidade dentro do gênero Triticum e da tribo Triticinae, aliada a possibilidade de introgressões gênicas visando à resistência aos estresses bióticos e abióticos, devem ser acompanhadas por métodos cada vez mais eficientes. Isso porque ao ocorrer das hibridações, muitas vezes pode haver translocações recíprocas entre os cromossomos dos genitores, o que pode tornar-se benéfica na incorporação de genes agronomicamente importantes (MORAES-FERNANDES et al., 2000).

Entre as translocações mais comuns, se destaca a 1BL.1RS, um rearranjo natural envolvendo o braço longo (L) do cromossomo 1 do trigo (genoma BB) com o braço curto (S) do cromossomo 1 do centeio (genoma RR) (CASASSOLA; BRAMMER, 2011). Apesar dessa translocação ser proveniente de um número pequeno de cultivares de centeio, vários genes de resistência foram mapeados do 1RS, como o gene *Lr*26 (IQBAL; RAYBURN, 1995), tendo relatos que a transferência de material genômico é verificada com efeitos positivos na estabilidade e poder de adaptação da planta, além do aumento no rendimento de grãos e resistência a doenças e estresses bióticos (CASASSOLA; BRAMMER, 2011). Translocações entre *Thinopyrum ponticum* (=*Agropyron elongatum*) e *T. aestivum* também são recorrentes.

As hibridizações transferem genes de resistência a diversas doenças, inclusive à ferrugem-da-folha (LI; WANG, 2009). O gene *Lr*19 foi pioneiro na hibridização entre essas espécies, caracterizado como 7DL.7Ae, localizado no braço longo do cromossomo 7 de *Th. ponticum*, transferido para o braço 7DL do cromossomo do trigo. Há ainda algumas cultivares de trigo com o gene *Lr*24, presente na translocação 3DL.3Ae, na qual confere resistência para raças de *P. triticina* detectados em alguns continentes, inclusive na América do Sul.

Dentre as estratégias para identificar os genes de resistência, além das avaliações fitopatológicas tradicionais, tem-se a Hibridização Genômica *In Situ* – GISH, método eficaz para discernir cromossomos de diferentes genomas parentais (BRAMMER et al., 2013). Outra excelente ferramenta são os marcadores moleculares de DNA, devido à identificação de qualquer variante alélica. A Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), associada aos marcadores microssatélites, vem sendo usada rotineiramente para a identificação de genes relacionados à resistência a doenças, aumentando a eficiência de seleção de genótipos de interesse (DA SILVA et al., 2008). Tais marcadores são altamente informativos e de grande potencialidade em estudos de similaridade/diversidade genética, principalmente

pelo elevado polimorfismo gerado (VIEIRA et al., 2016). Inúmeros são os marcadores PCR específicos para identificação de genes que conferem resistência à ferrugem-da-folha, destacando-se o *Lr*19 (SHARMA; KNOTT, 1966), *Lr*24 (SCHACHERMAYER et al., 1995) e *Lr*26 (CASASSOLA; BRAMMER, 2011).

Nesse contexto, a pesquisa teve como objetivo verificar a resistência à ferrugem-da-folha em cultivares de trigo, através de análises fitopatológicas e cito-moleculares.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios de Biotecnologia e de Ferrugens da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Trigo), da cidade de Passo Fundo, RS. A pesquisa experimental se baseou na verificação da resistência genética de cinco cultivares de trigo frente ao fungo *P. triticina*, causador da ferrugem-da-folha, através de análises fitopatológicas, e identificação, por meio de técnicas cito-moleculares, translocações cromossômicas, associadas com a resistência genética, provindas de rearranjos cromossômicos do Centeio BR 1 e de *Th. ponticum* em trigo.

Seleção do material vegetal

As amostras vegetais foram as seguintes cultivares de trigo: BRS 194, BRS 296, IAC13-Lorena, Morocco e Toropi, sendo que as genealogias de cada cultivar são destacadas na Tabela 1. Como bloqueio para a GISH foi utilizado a cultivar Trigo BR 35 e como sondas a cultivar Centeio BR 1 e a espécie *Th. ponticum*. Com relação ao fungo *P. triticina* foram combinadas seis raças em um único inóculo: B34, B50, B55, B57, B59 e B60. Todos os materiais biológicos são da Embrapa Trigo, Passo Fundo/RS.

Cultivar	Genealogia
BRS 194	EP 14/BR 23//CEP 17
BRS 296	PF 93232/Cook*4/VPM1
IAC 13-Lorena	Ciano 67/IAS 51
Morocco	Florence/Aurore
Toropi	Petiblanco 8//Frontana 1971-37/Quaderna A

Tabela 1. Cultivares de trigo avaliadas e respectivas genealogias

Fonte: Sousa e Caierão (2014).

2.1 Procedimentos metodológicos

2.1.1 Identificação de translocações cromossômicas via Hibridização Genômica In Situ

Todos os procedimentos da GISH seguiram a metodologia descrita por BRAMMER et al. (2013). As cultivares BRS 194, BRS 296, IAC13-Lorena, Morocco e Toropi tiveram suas raízes coletadas e fixadas em Carnoy (3:1 – álcool etílico absoluto:ácido acético glacial) por 24 horas em temperatura ambiente, seguida de manutenção em álcool 70% a -20° C, até o preparo das lâminas citológicas.

A cultivar de trigo BR 35, de centeio BR 1 e a espécie *Th. ponticum* passaram por processo de extração de DNA pelo método brometo de cetiltrimetilamônio (CTAB) (DOYLE; DOYLE, 1990). As sondas centeio BR 1 e *Th. ponticum* foram marcadas por meio do kit High Prime DNA Labeling (Sigma) e com o fluorocromo Fluorescein-12-2'-deoxy-uridine-5'-triphosphate (Sigma). As hibridizações também seguiram o protocolo validado por BRAMMER et al. (2013), utilizando-se filtros adequados em microscopia de epifluorescência (Zeiss – Axioxcop FL40) para os corantes isotiocianato de fluoresceína (FITC) e 4'-6-diamidino-2-phenylindole (DAPI). Para as hibridizações das translocações (1BL.1RS; 7DL.7Ae; 3DL.3Ae) foram selecionadas dez lâminas, sendo que para a confirmação desses rearranjos foram analisadas, no mínimo, dez células com os cromossomos bem dispersos, devidamente identificadas e fotografadas, utilizando-se o programa Axion Vision Release 4.8.2. (Zeiss) e por tratamento no programa Adobe Photoshop.

2.1.2 Postulações de genes por meio de marcadores de DNA

A postulação dos genes foi realizada a partir da técnica da Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) convencional, baseado em CASASSOLA (2012) e DA SILVA et al. (2008). A extração de DNA foi realizada pelo método CTAB (DOYLE; DOYLE, 1990), ajustando o DNA na concentração de 25 ng/µl. A quantificação foi feita em gel de agarose 0,8% e visualizado com brometo de etídeo. A seleção dos primers foi realizada conforme disponível na literatura, selecionando e testando os seguintes: gene *Lr*19, primer GB; gene *Lr*24, primer SCAR; gene *Lr*26, primer 011B3/011B5 (Tabela 2). Para validar a técnica, foi utilizado controles positivos e negativos com base nos resultados de CASASSOLA (2012), DA SILVA et al. (2008) e LI; WANG (2009), citados respectivamente: Agatha e Embrapa 27 para o gene *Lr*19, primer GB; IAPAR 60 e BR18 para o gene *Lr*24, primer SCAR; PF 940110 e PF 9127 para o gene *Lr*26, primer 011B3/011B5. As reações da PCR foram realizadas em 20µl de solução, como descrito: 2 µl de tampão PCR a 10X, 2 µl de MgCl2 a 25 mM, 0,7 µl de cada dNTP a 2,5 mM, 0,4 µl de primer (reverse e foward) a 10 µM, 0,20µl de Taq DNA polimerase a 5 U/µl, 4µl de DNA amostra a 25 ng/µl, completando com 8,6 µl de água ultrapura. As amplificações foram conduzidas em GeneAmpThermal Cycler 9700 (Applied

Biosystems) utilizando-se a seguinte programação: um ciclo a 94ºC por 3 min; 5 ciclos de 94ºC por 1 minuto, 60ºC por 1 minuto, touchdown decrescendo 1ºC por ciclo até 50ºC, e 72ºC por 1 minuto, 30 ciclos de 94ºC por 1 minuto, 55ºC por 1 minuto, 72ºC por 1 minuto, permanecendo em 72ºC por mais 10 minutos, após mantem-se em 10 ºC até realização da eletroforese. Os produtos das amplificações foram resolvidos em gel de agarose a 2,5%, corados com brometo de etídio e visualizados sob luz ultravioleta no Fotodocumentador Gel Doc XR+ System (Bio-Rad), e por tratamento no programa Adobe Photoshop.

Gene	Primer	Sequência	Espécie*	Referência
*Lr*19	GB	CATCCTTGGGGACCTC CCAGCTCGCATACATCCA	TP	Sharma e Knott (1996)
*Lr*24	SCAR	TGGCACATGAACTCCATACG TCTAGTCTGTACATGGGGGC	TP	Schachermayr *et al.* (1995)
*Lr*26	011B3/011B5	GTTGCTGCTGAGGTTGGTTC GGTACCAACAACAACAACCC	SC	Iqbal e Rayburn (1995)

*TP (*Thinopyrum ponticum*); SC (*Secale cereale*).

Tabela 2. Sequência dos primers utilizados, associados aos seus respectivos genes e espécies envolvidas com as introgressões gênicas em trigo

2.1.3 Avaliações fitopatológicas: análise em plântulas e fase intermediária de desenvolvimento

As cultivares de trigo foram inoculadas com um mix de seis raças do fungo *P. triticina*, B34, B50, B55, B57, B59 e B60, conforme protocolo de BRAMMER et al. (2004). A técnica foi realizada nas fases de desenvolvimento de plântula (única folha) e planta intermediária (5 – 6 folhas). Os uredosporos foram suspensos em óleo mineral (Soltrol) na concentração de 1,5mg/ml, inoculados sob pulverização e incubado em câmera escura à 20ºC com umidade à 80% por 18 horas. Após, as plantas foram mantidas em casa de vegetação sob condições de 22-26º C e as análises fitopatológicas foram realizadas 16 dias após a inoculação do patógeno. Para a fase de plântula, as pústulas foram analisadas na escala de ROELFS et al. (1992), sendo que os tipos de infecção (0), (;), (1) e (2) são considerados como indicativos de resistência do hospedeiro, enquanto que infecções do tipo (3), (4) e (X) indicam suscetibilidade. Na fase de planta intermediária, foi empregada a escala de Cobb modificada, conforme descrito em PETERSON et al. (1948), e atualizado por ROELFS et al. (1992), sendo que a severidade vai de 0 a 99% de área foliar infectada, complementada pelo tipo de reação: S, suscetível; MS, moderadamente suscetível; MR, moderadamente resistente; R, resistente. Os resultados foram comparados com demais testes cito-moleculares e apresentados de forma qualitativa.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a técnica da GISH é possível identificar diferentes genomas, verificando possíveis translocações entre espécies. Esse método, que utiliza como sonda o DNA genômico, é muito utilizado no estudo de translocações específicas, mas, também é possível utilizá-lo na identificação de introgressões gênicas, fenômeno caracterizado por pequenos fragmentos cromossômicos translocados, não respondendo por um braço inteiro no genoma. Ressalta-se a introgressão gênica caracterizada por um fluxo de alelos entre espécies, desempenhando importância na evolução das plantas, pois é responsável pela diversificação entre espécies (BRAMMER et al., 2013).

Deste modo, utilizamos a técnica de GISH com a finalidade de analisar o genoma das cultivares de trigo BRS 194, BRS 296, IAC13-Lorena, Morocco e Toropi, com a cultivar Centeio BR 1 e a espécie *Th. ponticum*. Ao realizarmos a análise da GISH com Centeio BR 1, observamos a translocação 1BL.1RS apenas na cultivar de trigo BRS 296 (Figura 1A). Estudo de CHAHOTA et al. (2015) identificaram a translocação 1BL.1RS em cerca de 50% das linhas estudadas, afirmando que esse cruzamento é comum entre espécies de *T. aestivum* e centeio. No trabalho realizado por KUMAR et al. (2003) foi visualizada a translocação 1BL.1RS em cultivares de trigo, com o auxílio da técnica GISH. Entretanto, cabe ressaltar que nesse estudo é utilizada uma segunda técnica de apoio com marcadores moleculares.

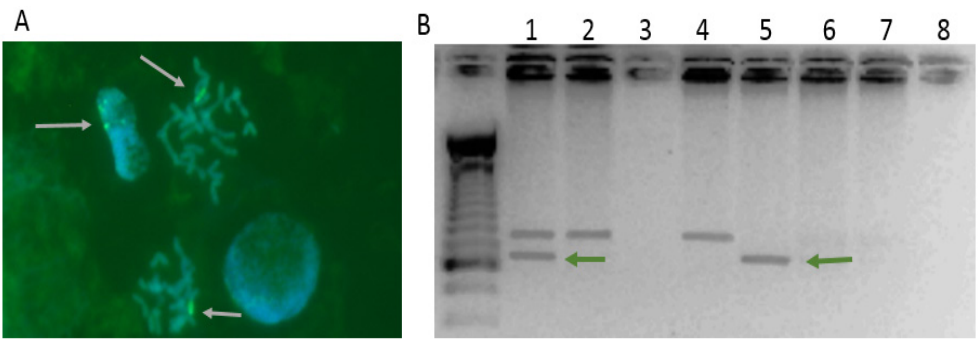


Figura 1. (A) Identificação da translocação 1Bl.1RS via Hibridização Genômica I*n Situ* (GISH) na cultivar de trigo BRS 296, usando DNA de centeio como sonda (seta) e de trigo como bloqueio. (B) Amplificação via PCR do marcador molecular 011B3/011B5-*Lr*26. Os produtos foram separados em gel de agarose 2% e corados com brometo de etídeo. Marcador Ladder de 100pb. Genótipos: (1) PF 940110 = controle positivo referente a banda de 350pb (seta); (2) PF 9127 = controle negativo; (3) sem amostra = branco; (4) BRS 194; (5) BRS 296; (6) IAC 13-Lorena; (7) Morocco; (8) Toropi.

Contudo, no presente estudo, não conseguimos observar com exatidão se o material possui as demais translocações. Conforme estudo realizado por SIBIKEEV et al.

(2016) a identificação da translocação 7DL.7Ae através de cariótipo em linhas de trigo L195, foi confirmando o devido resultado sob o método de FISH. Em relação à translocação 3DL.3Ae, devemos levar em consideração os resultados obtidos por GUPTA et al. (2006), onde foram testados 16 microssatélites localizados no genoma 3D, não obtendo associação ao gene *Lr*24. Ainda, destacam a falta de recombinação entre o fragmento translocado de *Th. ponticum* e *T. aestivum* no qual podem não estar ligado totalmente ao gene *Lr*24. Além disso, apresentam os dados de apenas 6% de recombinação entre esse gene e o marcador utilizado na pesquisa, sugerindo marcações localizadas dentro de fragmentos translocados.

Os marcadores microssatélites (SSR) possuem polimorfismos entre indivíduos próximos, isto, aliado à especificidade e alta reprodutibilidade aumentam a sensibilidade na amostra. Portanto, utilizamos a técnica de PCR como metodologia de auxílio na comprovação da ausência das translocações 7DL.7Ae e 3DL.3Ae nas cultivares de trigo do presente estudo, como também, para comprovar via marcador molecular a translocação 1BL.1RS observada na cultivar de trigo BRS 296. Além disso, se destaca que os marcadores moleculares são uma ferramenta de grande importância no estudo de hibridizações, pois são capazes de detectar níveis baixos de introgressões.

Através da análise de PCR não observamos a amplificação dos genes *Lr*19 e *Lr*24. Entretanto, o primer GB associado ao gene *Lr*19 apresentou bandas inespecíficas, inviabilizando-o como um marcador. Do mesmo modo, também não observamos a amplificação do gene *Lr*24 nas amostras analisadas e no controle IAPAR 60. Com isso, repetimos a PCR com o mesmo primer SCAR, mas com o acréscimo de uma segunda amostra controle positiva, caracterizada como PF 9099 (DA SILVA et al., 2008). Entretanto, ainda não observamos a amplificação de nenhum dos genes, o que sugere uma provável inconsistência com o primer utilizado. Se não há um conhecimento específico de determinada espécie e o seu agente, o primer desenhado pode tornar-se inadequado, e, consequentemente, levar a resultados imprecisos. Nesse sentido, uma busca criteriosa por mais marcadores ou o desenvolvimento de marcadores PCR específicos é extremamente importante. Vale destacar que apesar dos SSR estarem associados/ligados aos genes *Lr*, tornando-os úteis na identificação de características difíceis de localizar, há limitações na técnica, quando não se tem o conhecimento das sequências estudadas ou de marcadores PCR específicos (SCHNEIDER et al., 2018).

Para o gene *Lr*26, observamos a amplificação de alelos para a cultivar de trigo BRS 296 (Figura 1B). Vale ressaltar a ocorrência da amplificação de dois alelos, o que sugere um responsável à recessividade, e outro, responsável pela dominância. Tal sugestão deve-se levar em conta o resultado esperado na amplificação dos genes, pois, somente a cultivar BRS 296 apresentou duas bandas, as mesmas do controle positivo (PF 940110).

Essa translocação é benéfica no rendimento de grãos e na resistência às doenças (CASASSOLA; BRAMMER, 2011), o que confirmamos na análise fitopatológica. Destaca-se que no trigo BRS 296 verificamos resistência a partir da fase de plântula, e, apesar de

apresentar nível S (Suscetível) na posterior fase intermediária, verificamos uma severidade de apenas 10%. Ao compararmos com as demais cultivares de trigo, tem-se um resultado positivo, pois as amostras BRS 194, IAC13-Lorena, Morocco e Toropi caracterizaram níveis de suscetibilidade desde a fase de desenvolvimento de plântula, evoluindo negativamente em fase intermediária com uma severidade de 20% a 50%. Além disso, observamos uma agressividade planta-patógeno maior quando comparado com a cultivar de trigo BRS 296 (Tabela 3).

As diferentes reações da planta frente ao patógeno, em determinadas fases, é justificada pelas proliferações e diferenciação celular ocasionadas por genes, fazendo com que a planta altere suas características conforme o desenvolvimento (LI et al., 2018). Destacam-se os programas de melhoramento como uma forma de reunir diversos alelos, principalmente quando visam à resistência das plantas às moléstias e o controle mais eficiente, simples e de reduzido impacto na natureza (MATIELLO et al., 1997).

Cultivar	Fase de Plântula*	Fase Intermediária**
BRS 194	; 3	S 30%
BRS 296	1 2	S 10%
IAC13-Lorena	1 2 3	S 30%
Morocco	3	S 20%
Toropi	3	S 50%

* Fase de Plântula: pústulas (;) (1) (2) plantas resistentes; pústulas (3) plantas suscetíveis;

** Fase de Planta intermediária: pústulas (S) suscetível; Severidade: % representa a área foliar infectada;

Tabela 3. Avaliação fitopatológica quanto à resistência e suscetibilidade à *Puccinia triticina* nas cultivares de trigo para os estágios de desenvolvimento de plântula e de planta intermediária

Portanto, a importância de estudos de identificação de genes que, utilizando-se de diferentes estratégias, estará relacionada, em última análise com a redução do uso de fungicidas, através do emprego de cultivares resistentes à ferrugem-da-folha em trigo. Esta estratégia consolida-se no momento em que novos genes de resistência sejam identificados e introgredidos em genótipos suscetíveis, quer pelo melhoramento convencional, pela transgenia ou edição gênica. Como consequência, considerando um maior número de cultivares com resistência genética a ferrugens, haverá melhoria do uso de recursos naturais (ar, água e solo) pela redução de agroquímicos, bem como pela redução de perdas agrícolas.

4 | CONCLUSÕES

As estratégias biotecnológicas empregadas corroboram com as análises fitopatológicas em que a cultivar de trigo BRS 296, resistente à *P. triticina*, também possui a translocação 1BL.1RS e o gene *Lr26*, além, de apresentar severidade de apenas 10%. Para as demais cultivares com introgressões gênicas para *Th. ponticum*, não possuem a translocação 7DL.7Ae e 3DL.3Ae, indicando que a escolha do método de análise pode ser excelente ferramenta na identificação gênica.

REFERÊNCIAS

BARBIERI, R.L.; STUMPF, E.R.T. (ed). **Origem e Evolução de Plantas Cultivadas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 909p.

BRAMMER, S.P.; MORAES-FERNANDES, M.I.B.; BARCELLOS, A.L.; MILACH, S.C.K. Genetic analysis of adult-plant resistance to leaf rust in a double haploid wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell) population. **Genetics and Molecular Biology***,* São Paulo, v.27, n.3, p.432-436, 2004.

BRAMMER, S.P.; VASCONCELLOS, S.; POERSCH, L.B.; OLIVEIRA, A.R.; VIDAL, A.C.B. **Genomic in situ Hybridization in Triticeae: A Methodological Approach**. Croacia: In Tech, 2013.

CASASSOLA, A.; BRAMMER, S.P. Translocações entre trigo e centeio: uma alternativa ao melhoramento. **Ciência Rural***,* Santa Maria, v.41, n.8, p.1307-1314, 2011.

CASASSOLA, A. (2012). **Caracterização agronômica e postulação de genes de resistência à ferrugem do colmo em genótipos de trigo parcialmente resistentes à ferrugem da folha**. Dissertação de mestrado. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, Brasil.

CHAHOTA, R.K.; MUKAI, Y.; SHARMA, T.R.; CHAUDHARY, H.K.; RANI S. Cytological and morphological characterization of rye-wheat derivatives for important agronomic traits. **Nucleus***,* Austin, v.58, n.3, p.211-216, 2015.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Análise Mensal – Trigo**. Brasília, DF: CONAB, 2020.

DA SILVA, P.R.; MILACH, S.C.K.; SORTICA, V.A.; BOFF, T.; BRAMMER, S.P.; FEDERIZZI, L.C. Validação de marcadores moleculares associados a genes de resistências à ferrugem-da-folha do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.43, n.10, p.1357-1383, 2008.

DOYLE, J.J.; DOYLE, J.L. Isolation of plant DNA from fresh tissues. **Focus***,* Madison, v.12, n.1, p.13-15, 1990.

FINGER, G.; HECKLER, L.I.; SILVA, G.B.P.D.; CHAVES, M.S.; MARTINELLI, J.A. Mecanismos de defesa do trigo contra a ferrugem da folha por genes e proteínas. **Summa Phytopathologica***,* Botucatu, v.43, n.4, p.354-358, 2017.

GUPTA, S.K.; CHARPE, A.; KOUL, S.; HAQUE, Q.M.R.; PRABHU, K.V. Development and validation of SCAR markers co-segregating with an *Agropyron elongatum* derived leaf rust resistance gene *Lr*24 in wheat. **Euphytica***,* Wageningen, v.150, n.1, p.233-240, 2006.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Brasília, DF, IBGE, 2020.

IQBAL, M.J.; RAYBURN, A.L. Identification of the 1RS rye chromosomal segment in wheat by RAPD analysis. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.91, n.6-7, p.1048-1053, 1995.

KUMAR, S.; KUMAR, N.; BALYAN, H.S.; GUPTA, P.K. 1BL.1RS translocation in some Indian bread wheat genotypes and strategies for its use in future wheat breeding. **International Journal of Cytology, Cytosystematics and Cytogenetics**, Florence, v.53, n.1, p.23-30, 2003.

LI, H.; WANG, X. *Thinopyrum ponticum* and *Th. Intermedium*: the promising source of resistance to fungal and viral diseases of wheat. **Journal of Genetics and Genomics**, Beijing, v.36, n.9, p.557-565, 2009.

LI, X.; WANG, X.; KANG, Z.; REN, Z.; BI, W.; YANG, W.; LIU, D. Suppression subtractive and micro array analysis reveal differentially expressed genes in the *Lr*39/41-mediated wheat resistance to *Puccinia triticina*. **European Journal of Plant Pathology**, London, v.152, n.2, p.479-492, 2018.

MATIELLO, R.R.; BARBIERI, R.L.; CARVALHO, F.I.F.D. Resistência das plantas a moléstias fúngicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, n.1, p.161-168, 1997.

MORAES-FERNANDES, M.I.B.; ZANATTA, A.C.A.; PRESTES, A.M.; CAETANO, V.R.; BARCELLOS, A.L.; ANGRA, D.C.; PANDOLFI, V. Cytogenetics and immature culture embryo at Embrapa Trigo breeding program: transfer of disease from related species by artificial resynthesis of hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v.23, n.4, p.1051-1062, 2000.

MUTARI, B.; UDUPA, S.M.; MEVINDIDZE, P.; MUTENGWA, C.S. Detection of rust resistance in selected Zimbabwean and ICARDA bread wheat (*Triticum aestivum*) germplasm using conventional and molecular techniques. *South* **African Journal of Plant and Soil**, Pretoria, v.35, n.2, p.101-110, 2017.

PETERSON, R.F.; CAMPBELL, A.B.; HANNAH, A.E. A diagrammatic scale for rust intensity on leaves and stems of cereals. **Canadian Journal of Research**, Ottawa, v.26, n.5, p.496-500, 1948.

ROELFS, A.P.; SINGH, R.P.; SAARI, E.E. (org). **Rust Diseases of Wheat: Concepts and methods of disease management**. Mexico: CIMMYT, 1992. 81p.

SAVADI, S.; PRASAD, P.; KASHYAP, P.L.; BHARDWAJ, S.C. Molecular breeding technologies and strategies for rust resistance in wheat (*Triticum aestivum*) for sustained food security. **Plant pathology**, Oxford, v.67, n.4, p.771-791, 2018.

SCHACHERMAYER, G.M.; MESSMER, M.M.; FEIUILLET, C.; WINZELER, H.; WINZELER, M.; KELLER, B. Identification of molecular markers linked to the *Agropyron elongatum*-derived leaf rust resistance gene *Lr*24 in wheat. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.90, n.7-8, p.982-990, 1995.

SCHNEIDER, T.; RIZZARDI, M.A.; NUNES, A.L.; BIANCHI, M.A.; BRAMMER, S.P.; ROCKENBACH, A.P. Biologia molecular aplicada à ciência das plantas daninhas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v.17, n.1, p.12-24, 2018.

SHARMA, D.; KNOTT, D.R. The transfer of leaf-rust resistance from *Agropyron* to *Triticum* by irradiation. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, Ontario, v.8, n.1, p.137-143, 1996.

SIBIKEEV, S.N.; VORONINAA, S.A.; BADAEVAB, E.D.; DRUZHINA, A.E. Study of resistance to leaf and stem rust in *Triticum aestivum – Aegilops speltoides* Lines. **Russian Journal of Genetics: Applied Research**, Moscow, v.6, n.4, p.351-356, 2016.

VIEIRA, M.L.C.; SANTINI, L.; DINIZ, A.L.; MUNHOZ, C.F. Microsatellite markers: what they mean and why they are so useful. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v.39, n.3, p.312-328, 2016.

CAPÍTULO 7

INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DAS CINZAS DE CARVÃO EM MISTURAS ASFÁLTICAS DENSAS

Data de aceite: 03/05/2021

Estéfani Clara
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Mecânicas (Pós-ECM) Joinville/SC/Brasil

Breno Salgado Barra
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Mecânicas (Pós-ECM) Joinville/SC/Brasil

RESUMO: O objetivo principal desta pesquisa é avaliar o comportamento mecânico de misturas asfálticas densas com a incorporação de cinzas oriundas da queima do carvão mineral em usina termelétricas, neste caso o complexo Jorge Lacerda, localizado na região sul do Estado de Santa Catarina, entre os municípios de Capivari de Baixo e Tubarão. Para tanto, foram analisadas as matrizes denominadas Fly Ash (cinza volante), Bottom Ash (cinza pesada ou de fundo) e uma composição com 50% de ambas as ocorrências, as quais foram comparadas com frações convencionais de granulares gnáissicos britados, todos utilizados como material de enchimento (fíler) a 6,0% passante na malha de abertura 0,075mm, nas curvas granulométricas das misturas asfálticas. As ocorrências gnáissicas são obtidas de jazida localizada na região metropolitana de Joinville/SC, enquanto o ligante betuminoso de penetração 30/45 (0,1mm) de distribuidora com planta industrial na região metropolitana de Curitiba/PR. Os ensaios de caracterização das matrizes supracitadas compreendem análises por microscopia eletrônica de varredura (MEV), difração de Raios-X (DRX), semi-quantificação de compostos por fluorescência de Raios-X e texturização. No que diz respeito às misturas asfálticas foram realizadas avaliações baseadas na metodologia francesa de formulação, compreendendo os aspectos de habilidade de compactação com a prensa de compactação giratória (PCG), ensaio de Duriez a 18ºC e deformação permanente. Os resultados obtidos indicam que as características eletroquímicas das matrizes gnáissicas e das cinzas não contribuem para a formação de dipolos efetivos de atração elétrica com o ligante betuminoso, assim como na rigidificação dos mástiques compostos, enquanto as características físicas são predominantes no comportamento mecânico das misturas asfálticas, sobretudo a rugosidade superficial e a macrotextura granular, com destaque para as condições mais favoráveis da matriz gnáissica, mas também favoráveis à viabilidade técnica de aplicação das cinzas oriundas da queima do carvão mineral, tanto nos aspectos mecânicos quanto funcionais.

PALAVRAS-CHAVE: Cinzas de carvão mineral, Misturas asfálticas densas, Metodologia francesa de formulação.

INFLUENCE OF THE USE OF COAL ASH IN DENSE ASPHALT MIXTURES

ABSTRACT: The main objective of this research is to evaluate the mechanical behavior of dense asphalt mixtures with the incorporation of ash from the burning of coal in thermoelectric plants, in this case the Jorge Lacerda complex, located in the southern region of the State of Santa Catarina, between the municipalities of Capivari de Baixo and Tubarão. For this purpose, the matrices denominated Fly Ash (cinza volante), Bottom Ash (cinza pesada ou de fundo) and a composition with 50% of both occurrences were analyzed, which were compared with conventional fractions of crushed gneiss granules, all used as 6.0% filler material (filler) through the 0.075mm opening mesh, in the granulometric curves of asphalt mixtures. The gneiss occurrences are obtained from a deposit located in the metropolitan region of Joinville/SC, while the 30/45 (0.1mm) bituminous binder from a distributor with an industrial plant in the metropolitan region of Curitiba/PR. The characterization tests of the aforementioned matrices include analysis by scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction (XRD), semi-quantification of compounds by X-ray fluorescence and texturing. As regards asphalt mixtures, evaluations were carried out based on the French formulation methodology, comprising aspects of compaction ability with the giratory shear compacting press (PCG), Duriez test at 18ºC and permanent deformation. The results obtained indicate that the electrochemical characteristics of the gneissic matrices and the ash do not contribute to the formation of effective dipoles of electrical attraction with the bituminous ligand, as well as in the rigidity of the compound mastics, while the physical characteristics are predominant in the mechanical behavior of the asphalt mixtures. , especially the surface roughness and granular macrotexture, with emphasis on the most favorable conditions of the gneiss matrix, but also favorable to the technical feasibility of applying the ash from the burning of coal, both in mechanical and functional aspects.

KEYWORDS: Coal ash, Dense asphalt mixtures, French formulation methodology.

INTRODUÇÃO

A participação na matriz energética mundial, segundo BP (2019), o carvão é atualmente responsável por 27% de todo o consumo mundial de energia. No âmbito mundial, apesar dos graves impactos sobre o meio ambiente, o carvão ainda é uma importante fonte de energia. As principais razões para isso são a abundância e distribuição geográfica das reservas, além dos baixos custos e estabilidade nos preços, em comparação a outros combustíveis (ANEEL, 2005).

Abundância das reservas e o desenvolvimento de tecnologias de limpeza e combustão eficiente, conjugadas à necessidade de expansão dos sistemas elétricos e restrições ao uso de outras fontes, indicam que o carvão mineral continuará sendo, por muitas décadas, uma das principais fontes de geração de energia elétrica no Brasil.

Com o crescimento da produção dos resíduos de carvões das grandes termoelétricas, gerou-se uma preocupação de estudar o seu emprego industrialmente, devido principalmente ao potencial tóxico de seus elementos (MALLMANN, 1996).

A disposição das cinzas a céu aberto exige grandes áreas para a construção das bacias que, por sua vez, tem capacidade limitada. Além disso, o resíduo fica exposto a processos de lixiviação de metais pesados presentes nas cinzas, podendo contaminar o solo e o lençol freático da região. Outro problema desse método de descarte é a poeira silicosa, resultante da ação do vento sobre a superfície das bacias, que atinge a população residente próximo a essas instalações (LEANDRO, 2005).

Estima-se que a produção das cinzas geradas no complexo termelétrico de Jorge Lacerda, localizado entre os municípios de Capivari de Baixo e Tubarão, estado de Santa Catarina, de acordo com Rohde (2016), oscila entre 42 e 43%. Tendo em vista formalidades contratuais, existe um valor de geração mínima que equivale ao consumo de 200.000 t/mês de carvão. Em função do período de secas climáticas desde o ano de 2011, este valor se situa em 330.000 t/mês. As 200.000 t/mês originam 84.000 t/mês de cinzas, enquanto as 330.000 t/mês produzem 138.000 t/mês caracterizando um máximo de produção.

Além dos aspectos técnicos e funcionais, hoje a sociedade exige não só um bom desempenho dos materiais ou da construção, mas também das interações com o meio ambiente, em busca daqueles cuja obtenção ou realizações se materializam com menor impacto ecológico e menor ônus energético (ISAIA apud POZZOBON, 1999). Deste modo, é importante que novas investigações sejam desenvolvidas no sentido de encontrar aplicações alternativas para os resíduos, reduzindo, assim, os impactos ambientais, além de diminuir os custos de disposição em bacias de sedimentação (LEANDRO, 2005).

Cabe ressaltar que a expansão da malha rodoviária pavimentada no Brasil não acompanha o ritmo de crescimento da frota de veículos esse é um dos fatores que contribuem para o processo de degradação da infraestrutura devido o elevado fluxo de veículos. As deficiências na infraestrutura de transporte refletem a falta de investimentos no setor, visto que além dos recursos serem insuficientes, o montante autorizado não é aplicado na velocidade necessária.

Neste contexto, a presente pesquisa explorar a viabilidade técnica da utilização das cinzas provenientes do processo de queima do carvão mineral, para a produção de energia, em misturas asfálticas densas, considerando a eficiência de uma dosagem bem formulada, que resulte em um pavimento de maior qualidade.

Buscando contribuir na discussão sobre o assunto e visando um melhor emprego das cinzas supracitadas e a redução dos problemas ambientais causados pela geração de energia nas usinas de produção, essa pesquisa destaca a cinza leve (*Fly Ash*), já bastante explorada em estudos de pavimentação e pela indústria cimenteira, e a cinza pesada (*Bottom Ash*), que não possui atualmente aplicações ou mercados conhecidos para utilização em larga escala.

MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento desta pesquisa iniciou-se com a seleção das jazidas para a coleta das amostras dos materiais de estudo e na sequência foram executados os ensaios de caracterização desses materiais e definidas as respectivas classificações geológicas, mineralógicas, químicas e físicas das suas ocorrências.

Os agregados pétreos necessários foram fornecidos pela empresa Rudnick Minérios S.A., localizada no distrito de Pirabeirada, na cidade de Joinville/SC. O critério para a seleção dos agregados pétreos para esta pesquisa foi em função da disponibilidade das ocorrências dos materiais e da parceria da referida empresa com o LDTPav.

Os ensaios de caracterização dos materiais pétreos foram desenvolvidas no LDTPav. Os resultados desta caracterização encontram-se, resumidamente, na Tabela 1.

O material ensaiado encontra-se dentro dos limites impostos pelas normativas apresentadas e, dessa maneira, são passíveis de utilização em mistura asfálticas, exceto o parâmetro de adesividade, o qual deve ser corrigido em situações práticas de obras com a inserção de aditivos melhoradores de adesividade na dosagem do ligante betuminoso ou pela substituição de adições granulares com natureza eletropositiva, que permitam a formação de um diopolo de atração química com a matriz eletronegativa dos materiais hidrocarbonetos.

Ensaio	Norma	Limites	Resultados	
			Quantitativo	Qualitativo
Desgaste por abrasão Los Angeles	DNER-ME 035/1998 e DNER-ME 037/1997	Máx. 50%	17,50%	-
Índice de forma	ABNT NBR 7809/2006	Mín. 0,5	0,60	Boa cubicidade
Resistência ao ataque químico (Durabilidade)	DNER-ME 089/1994 e DNER-ME 037/1997	Máx. 12%	5,30%	-
Adesividade ao ligante betuminoso	DNER-ME 078/1994	-	-	Má
Equivalência de areia	DNER-ME 54/1997	-	78,0%	
Teor de material pulverulento	DNER-ME 266/1997 e DNER-ME 37/1997	Máx. 1,0%	0,40%	
Absorção	-	-	0,50%	-

Tabela 1: Resultados da caracterização dos agregados pétreos. Fonte: Eing (2018).

Entretanto, é importante destacar que nesta pesquisa não foram utilizados aditivos ou adições melhoradores de adesividade, a fim de que se pudesse verificar o real efeito da utilização das cinzas oriundas da queima do carvão mineral nas misturas asfálticas.

Antes de iniciar os testes de caracterização dos agregados e das cinzas, foi realizado um peneiramento das amostras das cinzas utilizadas neste estudo, buscando conhecer

suas frações representativas. Para assim resultar em uma reutilização mais eficiente desse resíduo sólido na pavimentação. A Figura 1 demonstra as frações representativas das cinzas *Bottom Ash* e *Fly Ash.*

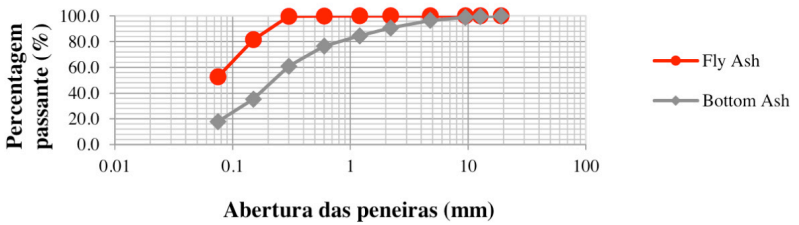


Figura 1: Distribuição granulométrica das cinzas.

Em análise da Figura 1, observa-se que as frações representativas das cinzas *Bottom Ash* são as retidas entre as peneiras de abertura 0,60 mm até o material depositado no fundo, já as frações correspondentes a *Fly Ash* mais representativas são as retidas entre as peneiras de abertura 0,15 mm até o material depositado no fundo.

Em função da morfologia dos grãos, em que os argilominerais fundidos geram partículas vítreas, ricas em inclusões gasosas, pode-se observar um aspecto esponjoso ou estrutura vesicular, conforme demonstrado na Figura 2. Além do aspecto da morfologia, verifica-se a fragilidade dos grãos de dimensões maiores, em frações situadas entre as peneiras de abertura 0,60 mm a 0,15 mm.

Figura 2: Aspecto esponjoso da cinza.

Em razão disto e das porcentagens de finos geralmente empregados na formulação das misturas asfálticas, convencionou a limitação da utilização das frações de cinzas em 6%. Esse valor também está de acordo com outros estudos de formulação de misturas asfálticas com emprego de cinzas, cuja adição máxima para que não ocorra risco de perda de resistência ficou próxima ao valor adotado.

Outro fator importante a ser justificado é a fração de substituição adotada. Na análise das frações mais representativas para ambas as cinzas em conjunto com o percentual máximo para o uso na formulação, adotou-se a substituição da fração de fundo (< 0,075mm), visto que nas cinzas *Bottom Ash* a percentagem desta fração é de 17,8% e para as cinzas *Fly Ash* em torno de 52,6%.

Para análise das características das cinzas (*Fly ash* e *Bottom ash*), foi realizada uma parceria técnica entre o Centro Tecnológico da SATC (CT-SATC), pertencente à Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina (SATC), e o Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Mecânicas (Pós-ECM) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), tendo como base, estudos já desenvolvidos pela SATC em relação às aplicações das cinzas.

Particularmente, as cinzas provenientes da queima do carvão mineral foram analisadas tomando em conta aspectos como: Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), ensaios de Difração de Raios-X (DRX), Fluorescência de Raios-X (FRX), ponto de amolecimento anel e bola (verificação do poder de rigidificação), texturização, além de uma estimativa teórica da dureza de seus componentes.

A verificação da forma e da textura das partículas dos fíleres em estudo (Pó de brita, cinzas *Bottom ash* e *Fly ash*) foram procedidas a partir da análise das imagens produzidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) conforme Figura 3.

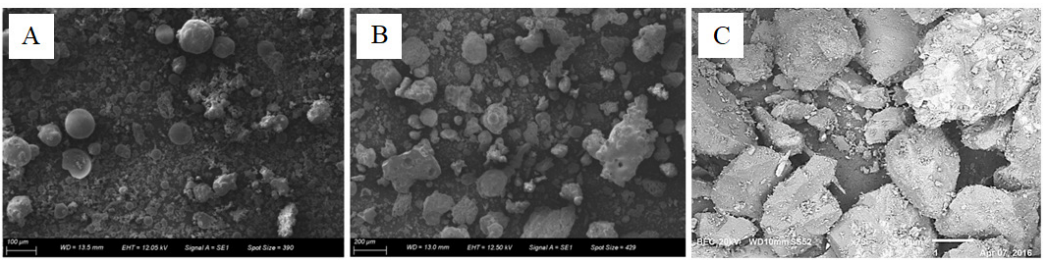


Figura 3: Microscopia eletrônica de varredura (A) Fly Ash, (B) Bottom Ash, (C) Agregado granítico.

Fonte: A-B: Aquino *et al.* (2017). C: Siroma (2018).

A partir da análise das imagens é possível observar que as cinzas de carvão possuem formas esféricas de diferentes diâmetros e partículas irregulares de tamanhos variados. Conforme observado por Sarbak *et al.* (2004), isso é possível devido os diferentes estados físicos da sílica presente em amostras de cinzas de carvão são responsáveis pela forma das partículas de tamanhos irregulares.

Foi analisada a morfologia do pó de pedra a partir da Figura 3-C, que trás a imagem da microscopia eletrônica de varredura de agregados graníticos da empresa Vogelsanger

Britagem, apesar dos granulares graníticos utilizados nesta pesquisa serem fornecidos pela empresa Rudnick Minérios S.A. O intuito desta análise é demonstrar algumas características referentes à composição, à macro e à microtextura de partículas finas de granitos, visto que ambas as jazidas são provenientes da região de Joinville/SC e possuem a mesma classificação na análise de lâmina petrográfica, conforme demonstrado por Meurer (2015), além dos resultados muito semelhantes em ensaios de caracterização, que atestam uma boa proximidade das amostras das duas empresas. Ainda em análise a imagem da microscopia (Figura 3-C) é possível verificar que o formato predominante do granular é subangular e a textura se mostra bem rugosa. Essas características tendem a favorecer o intertravamento granular, resultando em misturas asfálticas mais estáveis.

As análises de Difração de Raios-X (DRX) foram realizadas no Centro Tecnológico da SATC (CT-SATC). A Figura 4 traz os resultados referentes às análises mineralógicas dos fíleres.

As quantidades percentuais apresentadas na Figura 4 são estimadas pelo software, tendo como base as alturas relativas de pico das cartas padrão. Além disso, é apresentada uma base de 100%, não sendo levados em consideração materiais que estejam na forma amorfa. No gráfico, pp significa possível presença.

Com a análise mineralógica das cinzas contendo 50% Fly ash e 50% Bottom ash (Figura 4-B), foi constatada a presença de Quarzo, Mulita e Hematita, mesmos minerais encontrados em análise das cinzas dita puras, com 100% Fly ash e 100% Bottom ash. O conteúdo de materiais cristalinos é equivalente em ambas as cinzas, porém para as Fly Ash o conteúdo de Mulita é maior e o conteúdo de Quartzo é menor.

A mulita presente nas cinzas é resultante das reações que ocorrem durante a combustão do carvão. O quartzo, por sua vez, está presente no carvão precursor e não funde nas condições de queima nas usinas termelétricas. A presença de hematita e magnetita nas cinzas é decorrente da oxidação de sulfetos de ferro na forma de pirita, normalmente presente no marcassita e pirrotita presentes no carvão queimado (ROHDE *et al.,* 2006).

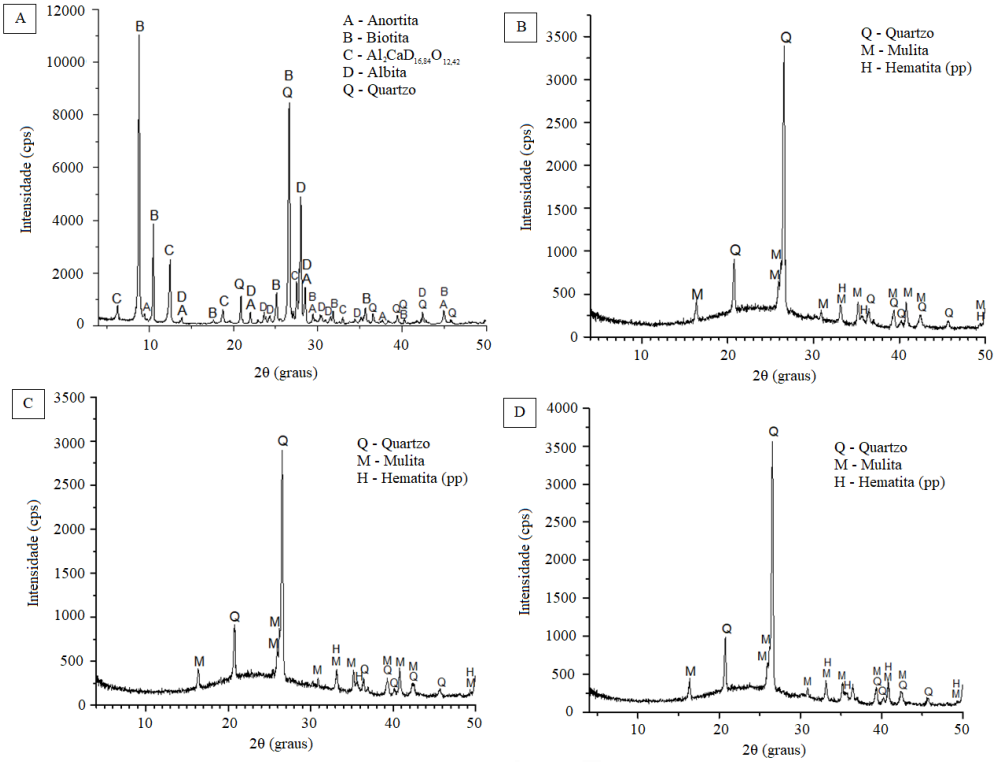


Figura 4: Análise mineralógica DRX (A) Pó de pedra, (B) 50% Fly ash e 50% Bottom ash, (C) Fly ash e (D) Bottom ash.

A composição química referente aos elementos majoritários presentes nas amostras foram realizadas no Centro Tecnológico da SATC (CT-SATC). As amostras inicialmente foram submetidas ao teste de perda ao fogo (PF), seguindo a norma ASTM D7348-07, a fim de se eliminar os materiais orgânicos e água na constituição presentes no material.

Componentes	Fíleres analisados (% massa)			
	Pó de Pedra	50% Fly Ash e 50% Bottom Ash	Fly Ash	Bottom Ash
SiO_2	53,602	58,483	60,258	58,911
Fe_2O_3	14,505	7,378	7,214	6,999
Al_2O_3	10,928	20,129	19,865	19,624
Cao	8,080	2,596	2,874	1,785
MgO	3,260	0,624	-	0,609
K_2O	2,576	4,235	4,600	4,298
TiO_2	1,228	1,480	1,603	1,539
SO_3	0,435	0,777	0,806	0,217

MnO	0,252	0,033	0,040	0,035
ZrO_2	0,102	0,111	0,102	0,126
V_2O_5	0,073	0,103	0,089	0,086
SrO	0,055	0,028	0,027	0,027
ZnO	0,042	0,062	0,073	0,044
Cr_2O_3	0,033	0,049	0,077	0,041
Na_2O	2,311	0,639	0,673	0,857
Rb_2O	-	0,028	0,028	0,028
Y_2O_3	-	0,020	0,020	0,018
PbO	-	0,013	0,017	0,008
Perda ao fogo	2,519	3,213	1,634	4,747

Tabela 2: Composição química majoritária dos fíleres.

Analisando os resultados dos ensaios de Fluorescência de raios-X conforme demonstrado na Tabela 2, o pó de brita apresentou 53,602% de SiO_2, o que justifica a má adesividade observada nos ensaios de caracterização dos agregados pétreos.

As principais diferenças nas composições das cinzas sem qualquer tratamento estão nos conteúdos de Al, Si, Fe e perda ao fogo (PF). Dentre estes, a maior diferença está na concentração de material incombusto contido nas cinzas de fundo, determinada por PF.

Os elementos que se apresentaram com em abundância e que são denominados componentes maiores são: Sílica (SiO_2), Alumina (Al_2O_3), Óxido de Ferro (Fe_2O_3), Óxido de Cálcio (CaO) e Carbono (C). Porém, existem outros elementos, denominados elementos-traços, como por exemplo Zinco, Cobre, Cromo, Chumbo, Mercúrio, Fósforo, etc., que são responsáveis pelo potencial tóxico da cinza. Essa predominância de óxido de silício e alumínio é que confere o caráter pozolânico, enquanto que a estrutura amorfa da cinza facilita a solubilização da sílica e alumínio para que possa reagir com o óxido de cálcio livre. As características químicas das cinzas estão ligadas ao tipo de carbono que as originou e as transformações que ocorrem conforme a temperatura de queima, portanto, trata-se de um produto bastante heterogêneo (MALLMANN, 1996).

As análises texturais das amostras foram realizadas no CT-SATC, no Laboratório de Captura de CO_2. Foi utilizada a técnica de adsorção de nitrogênio (N_2). As técnicas de adsorção de gases utilizadas para determinação dessas estruturas consistem na determinação da quantidade de adsorbato, necessária para formar uma camada monomolecular (monocamada) sobre a superfície a ser medida. Utilizam-se em geral, para este fim, isotermas desenvolvidas por BET (BRUNAUEER *et al.*, 1938). A partir da equação desta isoterma o número necessário de moléculas para formar uma monocamada pode ser avaliado e, como a área ocupada pela molécula é conhecida (ou estimada), pode-se então calcular a área específica do material. Este método também permite uma avaliação da porosidade do material (SANTANA *et al.*, 2012).

Os resultados, expostos na Tabela 3, demonstram que o pó de pedra apresenta um maior diâmetro de poros e maior volume de poros. Conforme Santana *et al.* (2012), a porosidade exerce

grande efeito nas propriedades mecânicas do material, tais como: resistência, dureza e deformação; nas propriedades físico-químicas, influência nas características de dissolução e na capacidade de retenção de água; nas propriedades de transporte, atua na condutividade térmica, difusão de aromas e em componentes de baixo peso molecular.

Amostra	Área Superficial (m^2/g)	Volume de poros (cm^3/g)	Diâmetro médio de poros (Å)
Bottom ash	1,454	0,013950	88,44
Fly ash	6,311	0,003170	87,24
50% Bottom + 50% Fly	3,933	0,009819	99,84
Pó de pedra	3,052	0,012850	168,4

Tabela 3: Composição química majoritária dos fíleres.

De acordo com Barra (2009), os sólidos porosos são ótimos adsorventes. Logo, os fíleres que apresentam elevada porosidade possuirão capacidade de adsorver maior quantidade de ligante betuminoso, fator que teoricamente gera uma ancoragem mais firme das partículas e, consequentemente, um aumento da rigidez.

Outro fator a ser observado é que, durante a produção das misturas asfálticas, a fase de secagem não é totalmente eficaz, pois não raramente uma fração de água fica alojada dentro dos poros e impede uma adesão completa. Além disso, uma grande quantidade de ligante betuminoso é mobilizada para a cobertura desta superfície desenvolvida e não participa mais da adesão aos granulares, aumentando assim a porosidade da mistura. Desta forma, na presença da água, o processo de desagregação será acentuado (FHWA, 1997).

A determinação da dureza dos fíleres se fez necessário para justificar os comportamentos observados durante a campanha experimental da presente pesquisa, o procedimento para determinação do mesmo foi realizado através da literatura, visto a grande dificuldade de se obter a dureza através os métodos convencionais devidos seus grãos serem frágeis conforme mencionado anteriormente. A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos através da estimativa.

Amostra	Dureza estimada
Bottom ash	7,13
Fly ash	7,17
50% Bottom + 50% Fly	7,15
Pó de pedra	6,08

Tabela 4: Estimativa da dureza dos fíleres.

Analisando as durezas estimadas, podemos observar que o valor estimado para o pó de pedra quando comparadas com as durezas das cinzas observa-se uma pequena variabilidade nos resultados, sendo a dureza maior encontrada é para a cinza *Fly ash*, essa dureza pode ser justificada visto que sua composição predominante é Al_2O_3 e SiO_2, tendo suas durezas na ordem de 9 e 7 Mohs, respectivamente, essa dureza é dependente diretamente das forças de ligação entre os átomos, íons ou moléculas.

Outra análise realizada foi o ponto de amolecimento que de acordo com Bernucci *et al.,* (2008), é uma medida empírica que correlaciona à temperatura na qual o ligante amolece quando aquecido e atinge uma determinada condição de escoamento. O ensaio foi realizado com base na ABNT NBR 6560/2016, foram executados a partir da formulação de mástiques formulados com os fíleres estudados na presente pesquisa, ambos com 6,0% em peso do ligante betuminoso, este ensaio a fim de verificar a partir de quantidades iguais às presentes na curva granulométrica, uma comparação mais precisa dos efeitos de cada material, as Figuras 5 e 6 apresentam os resultados obtidos.

Amostra	**CAP 30/45 Sem adição de fíler**	**CAP 30/45 + Bottom ash**	**CAP 30/45 + Fly ash**	**CAP 30/45 + 50% Fly e Bottom**	**CAP 30/45 +** Pó de pedra
Resultados (ºC)	53,5 (Replan 2018)	53,5	54,0	53,5	53,5

Tabela 5: Ponto de amolecimento, ensaio realizado mesmo dia de moldagem do mástique.

Amostra	**CAP 30/45 Sem adição de fíler**	**CAP 30/45 + Bottom ash**	**CAP 30/45 + Fly ash**	**CAP 30/45 + 50% Fly e Bottom**	**CAP 30/45 +** Pó de pedra
Resultados (ºC)	53,5 (Replan 2018)	54,0	54,0	54,0	53,5

Tabela 5: Ponto de amolecimento, ensaio realizado 6 dias após moldagem do mástique.

Analisando os resultados obtidos, verifica-se uma forte similaridade entre os valores apresentados pelos mástiques quando comparados com a amostra de ligante betuminoso em sua forma pura, em qualquer das condições de teste executadas.

Esta constatação evidencia o caráter amorfo das cinzas e do pó de brita, corroborando as análises de caracterização já apresentadas, fazendo com que não exerçam influência significativa na rigificação do ligante betuminoso, logo sendo considerados fíleres inertes na composição da mistura asfáltica, isto é, sem característica pozolânica.

ENSAIOS LABORATORIAIS

Determinadas as propriedades dos materiais selecionados, tem-se que as misturas asfálticas estudadas foram formuladas com base nos parâmetros pertinentes à metodologia francesa, pois além de possuir critérios de avaliação rigorosos, dispõe de técnicas e

tecnologias de ensaios que possibilitam simular os esforços aplicados sobre os materiais da maneira mais próxima possível às situações que ocorrem no campo. Ainda, possui uma estreita relação campo-laboratório, sendo um fator decisivo para garantir credibilidade aos resultados obtidos.

Os teores de ligante de partida nesta etapa da pesquisa foram baseados no trabalho de Eing (2018), isto é, 4,54%, 4,70%, 4,86%. Entretanto, a partir dos resultados preliminares da campanha experimental desta pesquisa, notadamente com o uso da PCG, foi observada a possibilidade de se trabalhar com teores abaixo de 4,54%, a fim de melhorar os resultados já obtidos, bem como de reduzir o consumo de ligante, tendo sido incorporado o teor de 4,22% à série.

O ensaio de PCG visa verificar a habilidade de compactação das misturas asfálticas, a partir do uso da Prensa de Compactação por Cisalhamento Giratória (PCG) (AFNOR NF P 98-252, 1999), impondo uma compactação lenta e isotérmica sob compressão estática, executada por um movimento giratório (cisalhante) de uma face em torno do eixo de simetria aplicando um ângulo α, o ensaio foi realizado com o equipamento da série PCG-3, disponibilizado pelo LTP-EPUSP. Neste ensaio foram produzidos 30 corpos de provas, sendo 3 corpos de provas para cada teor estudado; os resultados médios obtidos nos ensaios estão apresentados nas Figura 5.

Conforme demonstrado na Figura 5, nesta pesquisa as misturas convencionais executadas, foram as formuladas somente com teor de ligante de 4,70%, visto que Siroma (2018) executou os mesmos ensaios para o mesmo tipo de mistura com a mesma formulação nos teores de ligantes iguais a 4,22%, 4,54% e 4,86%.

Para as misturas asfálticas do tipo BBSG, as prerrogativas normativas estabelecem a aferição do teor de vazios a 80 giros, devendo enquadrar-se no intervalo entre 4,0% e 9,0%. Conforme ilustrado na Figura 5, os limites normativos estão demonstrados pelos alinhamentos chamados limite superior e inferior BBSG.

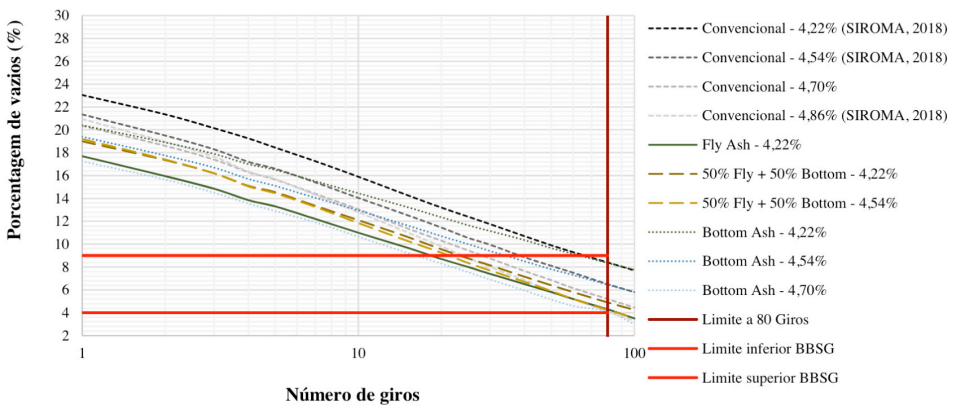


Figura 5: Resultados dos ensaios de PCG.

Observados os limites normativos as misturas que não se enquadraram neste limite, apresentando teores inferiores ao valor mínimo determinado pela norma em 4%, essas amostras são consideradas reprovadas.

Esses resultados comprovam que as misturas asfálticas demonstrariam em campo uma habilidade de compactação indesejada, ou seja, com uma precoce diminuição excessiva dos vazios, situação que poderia desencadear o potencial surgimento de deformação permanente e até mesmo de exsudação no campo.

Em análise a Figura 5, é possível constatar que a morfologia e a textura dos granulares têm uma forte influência na habilidade de compactação das misturas betuminosas. Observando que os materiais graníticos possuem características herdadas pela rocha mãe e que podem ser um pouco modificadas pelas técnicas de britagem, as mesmas apresentam um formato predominante subangular e superfície áspera ou rugosa, favorecendo o intertravamento granular, resultando em misturas asfálticas mais estáveis.

Analisando as características mineralógicas das cinzas testadas, observa-se de uma forma geral, que as cinzas Fly ash são constituídas predominantemente de material vítreo de natureza sílico aluminosa e em menor proporção de compostos cristalizados. Essa morfologia das partículas, conforme mencionado por Rohde *et al.* (2006), varia de acordo com as condições de queima, portanto as cinzas volantes provenientes da combustão de carvão pulverizado contêm predominantemente partículas esféricas com pequenas quantidades de cenosferas e de partículas irregulares conforme já observado em na caracterização das cinzas, conferindo a essas misturas uma maior densificação.

Quanto às cinzas Bottom ash, são constituídas por uma fase vítrea silico-aluminosa e associadas a Carbono na fase amorfa. As características morfológicas são apresentadas em quatro tipos principais, de acordo com Rohde (2006): partículas transparentes arredondadas e irregulares, partículas opacas angulosas a subangulosas e, finalmente, de formas esféricas. Essas características, quando comparadas à morfologia das cinzas Fly ash, justificam o comportamento dessas misturas apresentando um melhor embricamento dos granulares, resultando em um maior volume de vazios.

A sensibilidade elevada comprova a importância que a interação entre os granulares exerce no comportamento das misturas asfálticas, pois ao se analisar a mesma adição de teor de ligante entre amostras com adição de cinzas e as misturas convencionais, notou-se uma formação menor dos teores de vazios para as primeiras, corroborando os resultados de caracterização morfológica já apresentada. Ainda em análise a Figura 5, fica evidente que o aumento do teor de ligante ocasiona maior compacidade das misturas asfálticas, o que é justificado pelo aumento da lubrificação gerada entre os granulares pelo acréscimo de ligante, resultando em maior acomodação das partículas.

Após a conclusão dos ensaios de PCG, foi avaliada a resistência à sensibilidade à água das misturas asfálticas. A Figura 6 traz os resultados obtidos nos ensaios.

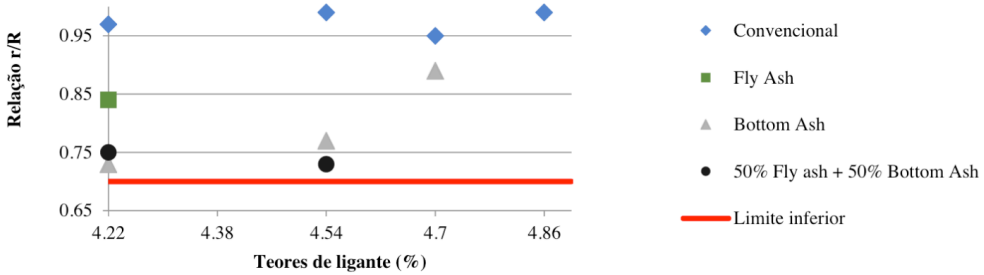


Figura 6: Resultados dos ensaios de Duriez.

Analisando os resultados obtidos, tem-se que todos os teores das misturas estudadas foram aprovados, demonstrando uma média superior ao valor mínimo adotado pela norma. Conclui-se, então, que as misturas estudadas não apresentaram uma redução superior a 30% da resistência à compressão simples.

No entanto, é importante ressaltar que novamente a morfologia das frações granulares foi decisiva nos resultados apresentados, agora na relação r/R, pois quimicamente ambas as matrizes gnáissicas e das cinzas são eletronegativas, com majoritária presença de sílica, não contribuindo em ambos os casos para uma boa resistência à ação deletéria da água. Assim, tem-se que a predominância da textura superficial rugosa e da forma subangular dos granulares gnáissicos permite melhor resistência aos esforços de cisalhamento gerados durante o processo de ruptura dos corpos de prova, em relação à condição textural superficial parcialmente lisa e macrotextural arredondada das partículas das cinzas estudadas, pois mesmo a dureza estimada dos grãos de cinza é equivalente à dos granulates gnáissicos.

Reitera-se, portanto, a necessidade do uso de agentes melhoradores de adesividade na composição dos traços das misturas estudadas em condições práticas de utilização.

O ensaio subseqüente realizado foi o ensaio de deformação permanente que consiste na avaliação da resistência das misturas asfálticas à formação de trilha de rodas. Este ensaio foi realizado nas misturas demonstradas na Figura 7, totalizando 20 placas moldadas, sendo duas para cada mistura estudada, as quais apresentaram resultados dentro das conformidades normativas nos ensaios que antecedem o nível 2 da metodologia francesa de formulação de misturas asfálticas. A Figura 7 ilustra um panorama geral das misturas asfálticas analisadas.

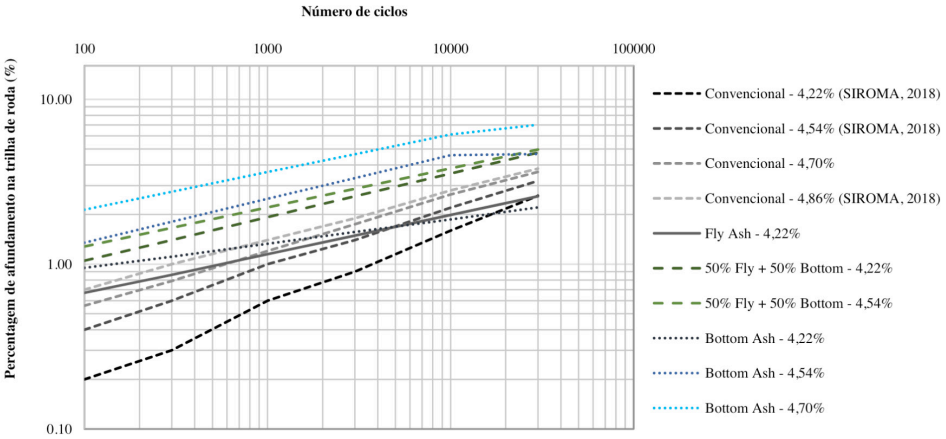


Figura 7: Resultados dos ensaios de Deformação permanente.

A mistura BBSG 0/14mm possui três classificações possíveis, determinada em função da percentagem de afundamento após 30.000 ciclos (AFNOR, 2007). De acordo com Barra *et al.*, (2010), as classes 2 e 3 são as que mais se assemelham ao contexto brasileiro, dependendo da região.

Analisando as misturas dosadas com o teor de 4,22% de ligante, tem-se que todas se enquadraram na classe 3, o que significa que possuem as melhores condições de resistência ao afundamento na trilha de roda para a categoria BBSG, isto é, abaixo de 5,0%. Ainda com base nos resultados demonstrados na Figura 7, é possível constatar também que quanto maior o teor de ligante asfáltico utilizado, maior será a deformação permanente encontrada na mistura asfáltica.

A partir dos gráficos apresentados, de forma geral, tem-se que os resultados encontrados se justificam de maneira semelhante às explicações para os resultados dos ensaios de PCG e Duriez, sendo que a morfologia e a rugosidade verificadas nas partículas das cinzas utilizadas nesse estudo indicam que este material não consegue fornecer o mesmo grau de intertravamento entre as partículas, quando comparadas aos granulares gnáissicos britados, tornando-se na maior parte das situações apresentadas menos resistente aos esforços de cisalhamento aplicados pela carga dinâmica constante aplicada a baixa frequência durante o ensaio.

No caso das misturas contendo cinzas 100% Fly e 100% Bottom, é possível observar que foram obtidos valores próximos ao da mistura convencional, pois como o teor de ligante empregado é baixo, demonstra não haver forte lubrificação das partículas de cinza, sobretudo nas mais arredondadas, prevalecendo o intertravamento propiciado pelas partículas com macrotextura subangular e microtextura rugosa, considerando a morfologia composta destes materiais, conforme análises microscópicas apresentadas. Em contrapartida, no que diz respeito à mistura 50% Fly + 50% Bottom, com o mesmo teor em

análise (4,22%), o percentual obtido foi superior às demais, em razão da maior concentração de partículas arredondadas, pois acumula contribuições das frações Fly e Bottom em uma mesma amostra, reduzindo a efetividade de intertravamento da composição, aumentando os níveis de deformação permanente.

O fato das misturas compostas com cinza apresentarem afundamentos ligeiramente menores que a mistura convencional, se deve à maior porosidade das frações de cinza em relação às de brita gnáissica, o que permite maior absorção de ligante, diminuindo sua atuação lubrificante na mistura, principalmente sobre as partículas arredondadas de cinza.

Todas as misturas se enquadram na classe 3, exceto a mistura com adição de 100% Bottom no teor de ligante de 4,70%, logo, estão aptas a serem utilizadas nas condições mais severas de tráfego em situações práticas. As mesmas considerações comparativas valem para as dosagens com 4,70% de ligante, observando a informação adicional de que o percentual obtido de 7,01% na trilha de roda para a mistura 100% Bottom a enquadra na classe 2, referente à metodologia francesa, ou seja, na faixa situada entre 5,00% e 7,50%, inferior à classe 3, mas apta a ser utilizada em situações de tráfego em ambiente climático com elevado gradiente térmico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados apresentados pela campanha experimental realizada, tem-se que os objetivos traçados para a pesquisa foram alcançados.

Nas caracterizações dos materiais no contexto eletroquímico, foi demonstrado que a condição predominantemente eletronegativa das matrizes gnáissicas e das cinzas silicosas não contribui para a formação de uma forte atração elétrica com o ligante hidrocarboneto, devido à formação de uma intensa fase amorfa, a qual impede não apenas uma boa adesividade do conjunto granular-betume, culminando na má resistência à ação deletéria da água, mas também ratifica o caráter inerte destes insumos nas misturas asfálticas, sem qualquer contribuição significativa nos parâmetros de rigidificação dos mástiques formados.

Em outra perspectiva, tem-se que as características físicas são determinantes na contribuição das matrizes supracitadas no comportamento mecânico das misturas asfálticas, tomando em conta que melhores foram os resultados em geral apresentados pelas curvas granulométricas compostas integralmente por partículas gnáissicas britadas, em razão de possuírem textura superficial rugosa e macrotextura subangular, em caráter regular. Enquanto as cinzas testadas apresentaram variabilidade nas suas composições, com parcial presença de superfícies lisas, elementos cenosféricos e macrotextura arredondada, prejudicando a formação de ângulos de atrito favoráveis ao embricamento global das partículas, que permitiriam resistir de maneira mais efetiva aos esforços de cisalhamento aplicados pelas cargas solicitantes, ainda que a dureza estimada de ambas as ocorrências tenha sido equivalente.

Assim, é possível inferir que o bom comportamento mecânico de um material, notadamente as misturas asfálticas, não está diretamente relacionado apenas à resistência física propriamente dita, mas também às variáveis de forma de suas matrizes granulares.

Outros sim cabem destacar que para a obtenção deste êxito com as matrizes de cinza utilizadas, cuidados imprescindíveis prévios à formulação das misturas asfálticas devem ser tomados em cada caso, como: análise minuciosa da distribuição granulométrica, avaliação acurada da morfologia das partículas, e, sobretudo, utilização de um percentual moderado do material na composição granulométrica das misturas, isto é, abaixo de 10%, no caso 6,0%, com o intuito de diminuir a potencialização da ocorrência do fenômeno da deformação permanente. Do contrário, os riscos assumidos de insucesso são muito grandes, devido às características morfológicas de suas ocorrências.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos e das análises efetuadas, é possível concluir que as matrizes estudadas de cinzas oriundas da queima do carvão mineral são viáveis tecnicamente para utilização em misturas asfálticas, abrindo-se inclusive a possibilidade de um mercado para a utilização em larga escala da Bottom Ash, atualmente sem destinação alguma aos serviços de beneficiamento de insumos, notadamente na região sul do Estado de Santa Catarina. Aonde a mesma pode se beneficiar mais diretamente pela proximidade com a fonte produtora destes insumos, compreendendo acesso fácil e com menores distâncias de transporte, desde que sejam tomados os devidos cuidados técnicos já mencionados.

AGRADECIMENTOS

Os Autores gostariam de agradecer à equipe do CTCL (Centro Tecnológico do Carvão Limpo), da SATC pela receptividade e pela parceria técnica realizada, o que possibilitou a execução dos estudos físico químicos desta pesquisa.

À equipe do Laboratório de Tecnologia em Pavimentação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (LTP/EPUSP), pela disponibilização dos equipamentos aliada a uma receptividade única, auxílio e ensinamentos.

E aos professores envolvidos nesta pesquisa por todos os ensinamentos e contribuições.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). 2005. Atlas de energia elétrica do Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica.

Aquino, T. F.; Estevam S. T.; Corrêa G. R.; Marques C. R. M.; Melo A. R.; Marcelo R. R.; Pires M.; Hammerschmitt M.; Riella H. G. 2017. Síntese de zeólitas do tipo X a partir de cinzas volantes e de fundo de carvão mineral. V Congresso Brasileiro de Carvão Mineral.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 6560. 2016. Materiais Betuminosos - Determinação do Ponto de Amolecimento: Método do Anel e Bola. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

_____. NBR 7809. 2008. Agregados graúdo – Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 3 p.

Association Française de Normalisation (AFNOR). 2007. NFEN 13108-1, 2007. Mélanges bitumineux – Spécifications dês matériaux, Partie 1 : Enrobés bitumineux. 56 p.

_____. NFP 98-250-2. 1991. Essais Relatifs aux Chaussées – Préparation dês Mélanges Hydrocarbonés, Partie 2 : Compactage des Plaques.

_____. NF P 98-251-1. 1995. Préparation des MélangesHydrocarbonés : Essai de Duriez.

_____. NF P 98-252. 1999. Essai Relatifs aux Chaussées : Essai à La presse à cisaillement giratoire PCG. 15 p.

_____. NF P 98-253-1. 1993. Préparation des MélangesHydrocarbonés, Partie 1 : Essai d'Orniérage.

_____. NF P 98-261-1. 1993. Essais Relatifs aux Chaussées: Détermination de la Résistance en Fatigue des Mélanges Hydrocarbonés – Partie 1 : Essai par Flexion a Flèche Constante.

_____. NF P 98-261-2. 1992. Essai Relatifs aux chaussées, Mesure dese Caractéristiques Rhéologiques des Mélanges Hydrocarbonés – Partie 2 : Détermination du Module Complexe par Flexion Sinusoïdale.

_____. NF P 98 254-3. 1993. Mesure de Propriétés Liées à La Perméabilité des Matériaux des Mélanges Hydrocarbonés – Partie 3 :Essai au Drainomètre de Chantier.

_____. NF P 98 216-1. 1993. Mesure de Propriétés Liées à la Texture des Mélanges Hydrocarbonés : Essai de Mesure de la Hauteur au Sable.

_____. NF P 18-559. 2005. Mode Opératoire de la mesure de masse volumique de granulats.

_____. NF EN 12697-5. 2003. Mélanges Bitumineux, Méthodes d'Essai por Mélange Hydrocarboné à Chaud – Partie 5 : Masse Volumique Maximale (Masse Volumique Réelle) des Matériaux Bitumineux. Norme Européene.

Barra, B. S. 2009. Avaliação da ação da água no módulo complexo e na fadiga de misturas asfálticas densas. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 327 p.

Barra, B. S. Momm, L. Brosseaud, Y. Hornych, P. 2010. Diretrizes para a formulação e avaliação do comportamento mecânico de misturas asfálticas. Revista Pavimentação, Ano V, Associação Brasileira de Pavimentação (ABPV), v. 17, p. 38-58.

Bernucci, L. B. Motta, L. M. G. Ceratti, J. A. P. Soares, J. B. 2010. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. 1. ed. 3. reimpressão. Rio de Janeiro: PETROBRAS: Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos (ABEDA), p. 504.

BP. 2019. Statistical Review of World Energy 2019 . 68th edition.

Brunauer, S.; Emmett, P.H.; Taylor, E. 1938. Adsorption of gases in multimolecular layers. Journal of the American Chemical Society. 60, 309-319.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). 1998. DNER – ME 035. Agregados – determinação da abrasão “Los Angeles”. Rio de Janeiro, 1998, 6 p.

_____. 1994. DNER – ME 078. Agregados graúdo – adesividade a ligante betuminoso. Rio de Janeiro, 1994, 3 p.

_____. 1998. DNER – ME 081. Agregados: Determinação da Absorção e da Densidade do Agregado Graúdo. Rio de Janeiro, 1998, 6 p.

_____. 1994. DNER – ME 089Agregados – avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio. Rio de Janeiro, 6 p.

_____. 1998. DNER – ME 194. Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro, 4 p.

Eing, M. A. 2018. Análise da incorporação de cinza volante e pesada em dosagens de misturas asfálticas densas. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina. Joinville/SC.

Federal Highway Administration (FWHA). 2002. Superpave Asphalt Mixture Design Workshop. v. 8. Washington. U. S. Department of Transportation.

Laboratoire Central Des Ponts Et Chaussées (LCPC). 1976. Revêtement en béton de liants hydrocarbonés modifiés : Etude delaboratoire. Rapport de recherche LPC Nº62. Paris : LCPC.

_____ 2014. Compactage des enrobes hydrocarbonés à chaud.Techniques et méthodes des laboratoires des ponts et chaussées. Paris: LCPC.

Leandro, R. P. 2005. Estudo laboratorial acerca da possibilidade de aproveitamento da cinza pesada de termelétrica em bases e sub-bases de pavimentos flexíveis. 2005. 170f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo. São Paulo.

Mallmann, J. E. C. 1996. Estabilização pozolânica de cinzas volantes e pesada com cal dolomítica hidratada e areia, curadas pelos processos de autoclavagem e câmara à temperatura constante. Dissertação, UFRGS, Porto Alegre, 164p.

Meurer, P. 2015. Caracterização de materiais rochosos do norte de Santa Catarina para fins de aplicação em obras de pavimentação. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de SantaCatarina. Joinville/SC. 92p.

Pasquet, A. 1968. Campagne Nationale de Glissance 1967 en France, in Colloque International sur La Glissance et la Sécurité de la Circulation sur Routes Mouillées, Berlin, pp. 717-732.

Pozzobon, C.E. 1999. Aplicações tecnológicas para cinza do carvão mineral produzida no Complexo Termelétrico Jorge Lacerda. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Rhode, G. M.; Zwonok, O.; Chies, F.; Silva, 2006. N.I.W. Cinzas de carvão fóssil no Brasil – Aspectos técnicos e ambientais. vol.1 Porto Alegre: CIENTEC.

Rhode, E, G. M. 2016. Quantificação das cinzas de carvão fóssil produzidas no Brasil. Boletim técnico 36. Porto Alegre: CIENTEC.

Santana, H. 1992. Manual de Pré-Misturados a Frio. Instituto Brasileiro de Petróleo (IBP) - 1ª Edição. Rio de Janeiro (RJ).

Sarbak, Z; Stanczyk, A. Kramer-Wachowiack, M. 2004.Characterization of surface properties of various fly ashes.Powder tecnology., v.145, p.82-87.

Siroma, R. S. 2018. Avaliação da deformação permanente em misturas asfálticas densas formuladas com areia descartada de fundição (ADF). Dissertação. 196 p.

CAPÍTULO 8

COCOS NUCIFERA L. A REVIEW OF THEIR BIOMASS IN BRAZIL

Data de aceite: 03/05/2021
Data de submissão: 02/02/2021

Lucas dos Santos Azevedo
Federal University of Rio Grande do Sul
Porto Alegre – Rio Grande Dos Sul
http://lattes.cnpq.br/2303735865145723

Simone Ramires
Federal University of Rio Grande do Sul
Porto Alegre – Rio Grande Dos Sul
http://lattes.cnpq.br/2395739333307959

Samuel Vinícios Bonato
Federal University of Rio Grande do Sul
Porto Alegre – Rio Grande Dos Sul
https://orcid.org/0000-0002-2486-4909

Diogo Marisco Perez
Federal University of Rio Grande do Sul
Porto Alegre – Rio Grande Dos Sul
http://lattes.cnpq.br/5076597084766888

Beatriz Ferreira Webber
Federal University of Rio Grande do Sul
Porto Alegre – Rio Grande Dos Sul
http://lattes.cnpq.br/0032110546174352

ABSTRACT: The biomass generated by the production of coconut is a big problem. The residues of the coconut industry reach 47% of the production of coconut, being represented mainly by Shell and post the bark. In coastal cities, the husks representing up to 80% of the garbage collected. The tank is inappropriate for this residue can cause bad smell, degrade the landscape, putting at risk the environment and contribute to the proliferation of mosquitoes other transmitters of disease. If burned without the proper control produces substances polluting the environment. The cost of the provision of this type of material in landfills varies from R$ 60.00 to R$ 130.00 per tonne. Some researchers, as well as organs, are studying ways to employ the biomass of green coconut (epicarp, mesocarp and endocarp) in the correct way, without harming the environment. Inconclusividade observed as the wild origin of coconut, because the findings scattered around the world. Since its introduction in Brazil in the period after the Portuguese colonization, it was spread throughout the Brazilian territory, focusing mainly in coastal regions, North and Northeast. Morphologically is divided into Giants, dwarves and hybrids. Currently, Brazil is the largest producer per hectare in the world and the fourth in the ranking of total production, bit the top of Sri Lanka. There are several works in the literature describing different ways of using the residues of coconut, thereby demonstrating sustainable reuse alternatives for their biomass. The main obstacle to biorrefinária de coco is the logistics required to manage and allocate coconut waste to the place of its reuse of an economically viable form, which can be addressed by supporting Federal Law 12,305 of 2010 with the implementation of an ERP platform for a reverse logistics more sustainable and economically viable.

KEYWORDS: Cocos núcifera L., strategic basic research, production engineering.

1 | INTRODUCTION

Coconut Tree grows best at altitudes below 1000 m and near the coastal regions, where the average temperature is between 23-34°C, with the absence of temperatures below 15°C and relative humidity between 60 and 90%. The annual precipitation must be greater than 1500mm, preferably distributed throughout the year. You can have growing in a variety of soils, provided that the soil has a good drainage (Carr, 2011).

Correct Summerhayes (2018), the coco was a major food crops of ancient populations of the western Pacific. Although fundamental to the success of colonization and sustainability of the peoples of the Pacific, its history is little known, and their presence recorded by only a handful of archaeologists.

Cocos nucifera L., long was exploited by people from the western Pacific, provided food, drink, oils, medicines and materials used for daily life for the manufacture of houses, kitchen utensils, carpets, canoes, sails for boats, ropes fans and baskets, just to mention some of their uses.

Considered a plant of multiple features, especially the range of products that can be exploited, has worldwide recognition as a vegetable resource vital for all humanity. It is pervasive in virtually all continents, being found between parallels 23°N and 23°S in over 200 different countries (FOALE; HARRIES, 2009) apud (MARTINS; JUNIOR, 2014).

Since its introduction in Brazil in the period after the Portuguese colonization, it was spread throughout the Brazilian territory, focusing mainly in coastal regions, North and Northeast. Currently, Brazil is the largest producer per hectare in the world and the fourth in the ranking of total production, bit the top of Sri Lanka.

Approximately 90% of the production of coconut in the world comes from small farmers with areas of up to 5 hectares, being practically, that this production is consumed internally, in producer countries. In Brazil, approximately 70% of the holding of coconut tree runs in properties up to 10 ha (SIQUEIRA; Aragon; TUPINAMBÁ, 2002) and MARTINS; JUNIOR, 2014).

The residual biomass generated by the production of coconut is a big problem, because the waste from the coco reaches 47% of production, represented primarily by the bark and bark powder (BACONGUIS, 2007). In coastal cities husks representing up to 80% of the garbage collected. Improper tank of this residue can cause bad smell, degrade the landscape, risk to the environment and contribute to the proliferation of insects and other transmitters of disease, and is burned without the proper control produces substances polluting the environment.

There are several works in the literature describing different ways of using the residues of coconut. It seeks through this a revision on the origin, production and alternatives for the use of residues of the coconut in the future projects.

2 | MATERIALS AND METHODS

This work is based on a basic strategic research by surveying theoretical references already analyzed and published by written and electronic means, such as books, scientific articles, web pages, theses, dissertations, course completion papers.

3 | ORIGINS OF WILD COCONUT

The origin of the coco has left many perplexed, since Europeans first observed its presence of Madagascar to South America.

De Candolle, in his publication of 1885 Origin Of Fruits Plants discusses the arguments of the time, about a probable origin American or Asian. Argues that previously thought that the arguments in favor of Western Europe were the strongest. However, he said: 'Now, with more information and greater experience in similar issues, I am inclined to the idea of an origin in the Indian Archipelago'.

Carl Sauer in 1952 pointed out the debate regarding the origin and identification of coconut in Agricultural Origins and Dispersals. In 1968 at a symposium focused on pre-colubianos contacts, publishing later in 1971 in Man Across the Sea, Carl Sauer apud Summerhayes (2018) defends a multiple origin for the coconut, based on identification of multiple centers of geographical distribution of the plant through time. The identification of biogeographical centers was in fashion during this period and was based on the temporal and spatial distribution of species. These studies date back to the Russian botanist Vavilov in 1926 and his classic Studies on the Origins of Fruits Plants apud Summerhayes (2018) argued that the roots of a plant (domestic and wild) was where was the greatest genetic diversity of this. As School (2017), however, the area of origin is debate because the coconut trees have existed for a long time. Fossilized remnants dating back to the Miocene (23 - 5.3 million years ago) were found in the North Island, New Zealand, and small coconuts-type nuts in other areas of New Zealand dating to the eocene (56 - 36 million years ago), and Oligocene (36 - 26 million years ago). School in The Coconut: Treatment, Origins and Spread, also reports cocos-type nuts fossilized in India dating to the Late Cretaceous Period (76 - 62 million years ago). J.F. Rigby apud Summerhayes (2018), shows fossil deposits of coco-type fruit was identified in the city of chinchila, Australia, dating from the late Pliocene/ beginning of the Pleistocene (5 - 1.5 million years), even as School (2017),the other was found in Colombia dating from the middle to the end of the Paleocene (65 - 55 million years ago).In accordance with Harries (1990 and 1991), the problem is that there is no continuous records of these findings. Harries, analyzing wild species, and taking the basis of biogeography, archeology and biology proposes its origin as being from somewhere in the southwest Pacific in fragmented continent of Lord Howe Rise to the complex of Norfolk Ridge, which has been submerged for 15 million years ago, and points to the origin of the coco households belonging to Malaysia- in the islands between the Southwest Asia and the

western Pacific. As School (2017), others prefer an African origin/western Indian Ocean. Id. Chapter 8, discusses in detail the various stories give 'origin' of the coconut. Definitely, there is no consensus about the origin of the coconut, which were used for different types of data such as morphology and genetics.

3.1 Origin and genetics of domestic coconut

There is little doubt that the coco tamed was derived from the wild form by human selection before spread across the Pacific. The wild form can float and disperse over large areas, and the float to an island, they focus on the edge around the watermark. The mesocarp fibrous and thick of wild form allows you to float and a longer germination. Harris in 'the evolution' notes that these coconuts may germinate after 110 days 'floating (even more than 200 days)'. The issue of natural dispersal is influenced by how the coco is brought to the beach because the coconut will only survive if the seedling growth. (Allaby 2011) In Genes, Language and Culture History in the Southwest Pacific, observes that the wild form is adapted to the dispersion around the Oceania. Correct (HARRIES; BAUDOUIN; Gasthof Rössle, 2004), Harries (1978) and Allaby (2007) the domesticated form would be the result of human selection of shapes with thinner bark for later planting in the interior.

What is interesting is the idea of greater varieties in the remote islands of Oceania where what is called 'introgressiva HYBRIDIZATION" occurs when the domesticated form is brought to a group of islands containing only the wild form.

The genetic analysis of coconut adds a different dimension to the assessment of the origins of the coconut. Of interest is the observation of school in the coconut that says that the majority of more than 20 studies conducted at coco using techniques of molecular biology, were made, more in the nature of the test the suitability of various techniques and establish the priority of the author in using a particular technique.

Many different molecular techniques have been applied from RFLP (length polymorphism of restriction fragment polymorphism), AFLP (amplified fragment length) and microsatellite (SSR marked by sequence) for more advanced sequencing DNA, once it became more accessible. To Allaby in Origins of Plant Exploitation, up to the moment, molecular research is inconclusive, although they note that 'marcadores that distinguish varieties tonganesa FIJIAN and the rest of the Pacific, as well as specific markers for Papua New Guinea (PNG) using AFLP and simple sequence repeats. Allaby argues that 'the current genetic evidence generally favors an origin of Southwest Asia to the domesticated form of coconut', while acknowledging that the situation has become more complex as more 'phylogenetic-based techniques' were used. (Lebrun et al., 1998) and Allaby (2007) This actually proved to be the case. Although the first rflp data have been used to distinguish groups of African/ Pacific Ocean, this technique does not differentiate between the Oceania Next and Malaysia. Gunn, Baudouin and Olsen (2011) points out that more recent advances in DNA sequencing, with everything, confirms the thesis of two separate populations or subpopulations genetic:

- The Pacific Ocean.
- Indian and Atlantic ocean basins

Reports on the analysis of DNA from 1322 accessions of coco home (with unique identifiers within a database of DNA sequence) arising out of coconuts collected to represent the geographical and phenotypic diversity.

The results argue for two separate genetic subpopulations, indicating independent origins of cultivation of coconut. They observed that the coconut Pacific has 'ubestrutura', while 'the genetic traits that are more clearly associated with the selection under the human cultivation (habit of dwarf, pollination, and morphology of the fruit nui will)' emerged only in the Pacific. Of importance is the observation that those coconuts as 'mistura genetics' between the two subpopulations (Pacific And Indo-AtlÂntico) are found in the southwest Indian Ocean. They interpret this as 'consistent with human introductions of cocos Pacific along the ancient trade route linking austronésica Madagascar and Southwest Asia'. From this, then propose two geographic origins of cultivation of coco: Island of Southwest Asia and the margins of Africa in the Indian subcontinent.

As Summerhayes (2018), the problem with this interpretation is common to the majority of genetic data or DNA which were presented by scientists: the problem of 'equifinalidade', i.e., the possibility that two behaviors or different processes could lead to the same result. The term also has implications for the historians when different historical processes result in a similar outcome or social formation. The pattern shown by the DNA can be explained also by using other behavioral models. DNA data, when combined with archaeological data and palinológicos, empirically demonstrated the first evidence of the domestication of coconut in the western Pacific, with subsequent mixing with wild populations in other places. The oldest evidence, as demonstrated for any coco of south Asia is from the holocene medium (approximately 6 thousand years) in comparison with more than 20 thousand years to those found in the western Pacific.

Acoording the Pereira et al. (2003) studying the extent of genetic diversity and genetic relationships between populations / 94 varieties of coco (51 Giants and 43 dwarfs), representing the entire range of geographic distribution / cultivation of coconut, evaluates 12 pairs of microsatellite primers of coconut. observing a high level of genetic diversity in the collection with the genetic diversity average of 0.647 ± 0.139, with the average genetic diversity of Giants 0.703±0.125 and 0.374±0.204 of dwarves. The phenetic tree based on genetic distances of DAD regrouped all the 94 varieties / populations in two main groups, with one group comprising all the giants of South-East Asia, Pacific, west coast of Panama, and all the Dwarves and the other giants of South Asia, Africa and the Indian Ocean coast in Thailand. The distribution of alleles of dwarves highlighted a unique position of dwarf palm trees of the Philippines showing as much variation as the giant group. The grouping of all the Dwarves representing all the geographical distribution of the culture, with giants of East

Asia and the Pacific, and the distribution of alleles among the giants and Dwarfs, suggest that the Dwarves originated from the giant forms, and also that of the giants of East Asia and the Pacific. Giants of the Pacific Islands registered the highest level of genetic diversity (0.6±0.26) with the largest number of alleles among all regions.

3.2 Cultivation in Brazil

The coconut palm does not exist in Brazil When discovered by the Portuguese in 1500. And the first references appear in the "Treaty Descriptive of Brazil," written by Gabriel Soares de Souza in 1587, which says: ‘'The palm trees that give the coconuts if you do well in Bahia, better than in India, because getting into a coconut beneath the earth, the palm tree that it is born gives coco at five and six years, and in India did not give these plants, fruits in twenty years" (Bondar, 1955) apud (SIQUEIRA; Aragon; TUPINAMBÁ, 2002).

Second Candolle (1885), ‘the nut and coconut is abundant on the coast of hot regions of Asia, the islands south of the continent and in similar regions of Africa and America; but it can be said that she date in Brazil, in the West Indies and the west coast of Africa from an introduction that occurred approximately three centuries’. Floor And Marcgrafl seem to admit that the species is foreign to the Brazil without saying this so positive. Of Martius, who published a very important job on the PALMACEAE and travelled through the provinces of Bahia, Pernambuco and others, says:’where the cocoa nourishes, does not say that it is wild.’

The coconut tree was introduced in Brazil in 1953 through the state of Bahia, hence the name coco-of-bay, with material from the island of Cape Verde. It is likely that has origin in India or Sri Lanka, which were introduced in Mozambique. After a few years, new introductions of coconut trees were carried out in countries such as Malaysia, Ivory Coast and others. From Bahia, the coconut trees spread along the coast of the Northeast, particularly by being a fruitful typical of tropical climate where found favorable conditions for cultivation, and subsequently ended up bringing in other regions of the country. In 1990, the cultivation of coconut was restricted to the Northern and Northeastern regions. In the present day, what is seen is the cultivation of coconut trees in almost all the Brazilian territory (MARTINS; JUNIOR, 2014).

3.3 Introduction of hybrid coconut palm in Brazil

As Siqueira, Aragon and Tupinambá (2002), hybridization is the intersection between genetically distinct individuals, and the choice of the parents, is made from the objectives of the activity to be developed.

From May 1938 to November 1951, José Pereira de Miranda Room has developed the first breeding program with coconut trees in Brazil, conducting surveys, autopolinizações and junctions, besides studying the floral biology and characterization of fruit.

Other crossing programs were and are being made from here in Brazil. We adopted worldwide methods of obtaining hybrids, based on combining ability among individuals and

phenotypic selection for characters with high heritability. The process of hybridisation may be described as follows:

a. Introductions are made to obtain the maximum genetic variability;

b. Hybrids with different varieties and ecotypes are produced and evaluated in comparative tests. The best ones are reproduced for seed production.

4 I MORPHOLOGY AND FORM

Based on the shape/morphology of coconut, HARRIES Disseminations in the evolution and Classification of EOLIAN NUCIFERA, in 1978, divided the coconuts in two types:

- The NIU kafa, comprising 'oblong fruits, triangular, with a large proportion of fibrous bark'.
- The NIU will, composed of rounded fruit, 'many times colored, with a large proportion of endosperm liquid'.

The use of the term niu to separate the two forms of coconut is defined by Harris based on linguistic diversity. Niu and its variations are argued Harris, the AUSTRONESIAN words for the coconut of Mali and to all areas of the Pacific. He noted that in isolated islands of rennell, Rotuma and Wallis, a variety of coco with high core and containing 600 - 700g of water was called niu will. The same name was used in a Toga, and Samoa. It was this variety that was used by the polynesians on their long journeys, almost certainly because the liquid content was greater than the niu kafa crumb, and the largest provided more sustenance. The variety niu kafa, on the other hand, he observed, was more resistant and thick. This bark, when prepared was ideal for uniting the canoes and ropes, because there rotted easily in sea water. On land, the braided rope of niu kafa connected the woods of homes and day be used for construction of fish traps, helmets and body armor. Harris says that the coconut naturally developed is the niu kafa and the 'coconut selected under cultivation' is the niu is going. (GUNN; BAUDOUIN; Olsen, 2011) the form niu kafa is seen as 'the most ancestral morphology reflecting the natural selection of oceanic dispersal', while the form niu vai is argued as the reflex 'da selection under the human cultivation'. Thus, it was domesticated coconut shell with its thinner and round, and with the largest fruit which was transported by humans in its colonization of the Oceania Remote.

Correct Gunn, Baudouin and Olsen (2011), the coconuts also have traditionally been classified in varieties "dwarf" and "gigantees" based on the habit of trees. 'Goblins' represent approximately 5% of coconut trees and are cultivated throughout the world; they are typically found near human habitation and feature traces closely associated to human selection: slow growth of the trunk, pollination and fruit production niu goes. The coconuts ' Giants ' Most common are crossing and growing faster than the 'Goblins', resulting in

greater height in reproductive maturity. Many 'giants' are grown for the production of copra for extraction of oil and coconut fiber; although actively cultivated, these varieties do not have obvious traits of domestication of dwarves self-pollinators.

As Peace, Pedroza and Oliveira (2017) and other authors, the different species of domestic coconut, the coconut palm giant, the dwarf coconut and the hybrid has its aracterísticas distinct.

The hybrid, fruit of esspécies suparacitadas is characterized by the production of large fruits with higher production of water and pulp, producing early on average from the third year.

The giant coconut begins to florecer and produces fruit from the sixth year, and may reach up to 18 meters and fruit with varying sizes. Its cross pollination is, being a plant of easy adaptation to possess a period of reproduction that can last up to 60 years and with an annual production of 50 to 80 fruits.

The dwarf coconut grows about 10 m, is a plant pest, suscetivel suffers from lack of water, but possesses a large fruit with a greater quantity of pulp and water, with economic productivity of 40 years, production of 100 to 120 fruits per autopolimização annual and fertilization.

The species Cocos nucifera L., common name California, presents the root system fasciculated characteristic of Monocotiledônias plants, has roots in primary, secondary and terceárias in a radius of 1m and depth of 0.2 to 0.6m. Being that the roots tercerárias produce radícolas with diameter of 1 to 3 mm, its stem type is not branched stipe, and resistant that secures their leaves protecting the terminal bud.

The bark of the green coconut and parts described as:

- Epicarp: outer layer("shell" of the fruit).
- The mesocarp: layer located between the epicarp and endocarp, part rich in fibers.
- The endocarp: (layer petraea) most internal that the epicarp, is the heckling dura that surrounds the seed possess carpelos where form the embryo.
- Albumen: (endosperm) nutritive tissue in the seed.

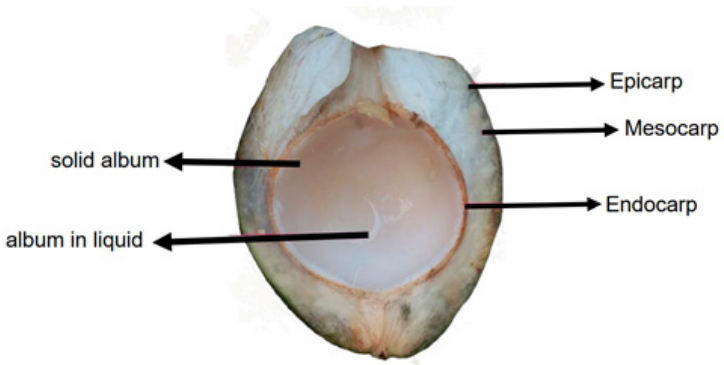


Figura 1: longitudinal coco, illustrating the respective parties

The fruit of coqueíro is composed of albumen liquid (coconut water), albumen, solid or almond, endorcarpo popularly known as “quengas” and the bark. The carbonized represents on average 57% of the fruit being composed by the mesocarp (fiber and dust) and epicarp (most external layer).

The ALBUMEN liquid is formed after 2 months of the inflorescence, reaching a volume of 300 to 600 ml and the with the ripening of the fruit occurs the formation of albumen, solid and liquid volume decreases.

The mesocarp is the fibrous material of fruit, which presents high elasticity and resistance to moisture and high climatic variations being formed of lignin and cellulose degradation slow.

5 I PRODUCTION OF GREEN COCONUT IN THE WORLD AND IN BRAZIL

According to Martins and Junior (2014), its commercial exploitation that has occurred in approximately 90 countries, where are the largest plantations and best cultivation conditions such as soils, intense solar radiation, good humidity and rainfall well distributed. The coconut palm is considered a plant of multiple features, especially the range of products that can be exploited, gaining worldwide recognition as a vegetable resource vital for all humanity. It is pervasive in virtually all continents, being found between parallels 23°N and 23°S in over 200 different countries (FOALE; HARRIES, 2009) apud (MARTINS; JUNIOR, 2014).

The coconut is a culture typically tropical. Approximately 84% of the area planted with coconut trees in the world lies in tropical Asia, and the remaining 16% are in African countries, Latin America, Oceania and the Caribbean. The data in table 1 show the production of green coconut in major producing countries

Country	Cultivated Area (ha)	Production (t)	Yield (kg/ha)
Indonesia	3,260,015	18,983,378	58,231
Philippines	3,612,304	14,049,131	38,892
INDIA	2,081,000	11,469,837	55,117
Brazil	234,012	2,649,246	**108.629**
Sri Lanka	409,224	2,575,230	62,930
Vietnam	148,106	1,499,228	101,227
Papua New Guinea	204,763	1,202,792	58,741
Mexico	183,794	1,158,978	63,059
Thailand	119.00	895,000	46,615

Table 1: main producing countries. Adapted from Faostat (2017)

Approximately 90% of the production of coconut in the world comes from small farmers with areas of up to 5 hectares, being that this production is almost consumed internally, in producer countries. In Brazil, approximately 70% of the holding of coconut tree runs in properties up to 10 ha (SIQUEIRA; Aragon; TUPINAMBÁ, 2002) and MARTINS; JUNIOR, 2014).

Brazil currently occupies the fourth position in the world ranking of production of green coconut, producing approximately 2.343 million tons in a harvested area a little higher to 215.6 thousand hectares (FAOSTAT, 2017).

The Brazilian production of coco is highlighted in the states of the northeast region. Table 4 brings the largest Brazilian producers according to the Indíce Brasileiro de Geografia e Estatísticas (Municipal Agricultural Production, 2014)

In total, were produced in Brazil 1,946,073 tonnes (WFP, 2014) in the year 2014 and 2,649,246 tons (FAOSTA, 2017). The state of Bahia is responsible for the greatest national production, contributing to more than 28% of national production. The state of Ceará is in second place, with almost 13% of national production. The brazilian northeast figure as a geopolitical region with greater production, totaling about 70% of production in Brazil.

According to Rosa et al (2002), 80% to 85% of the gross weight of the coconut is represented by shell, the remainder being the usable portion, understood by the albumen and coconut water. Comparing this data with the production of coconut for the year 2017 (FAOSTA, 2017), it can be estimated that are produced annually more than 50 million tonnes of waste (biomass). This is a huge amount of waste generated and should be administered in the correct way and with a view to energy production and conservation of the environment.

5.1 Import and export in Brazil

Although Brazil import predominantly dry coconut syrup, there are some initiatives of export of coconut, both fresh coconut water. In accordance with KIN (2010), from 2002 until 2006, there was an increase of 19% in exports of fresh coconut. The behavior of Brazilian

export market over the years demonstrates a float. Situation also notes with the countries of destination of exports of Brazilian coconut, where the main ones are the Netherlands, Portugal Spain and the United States. The average for the period of 2005 to 2013 there is a volume of fruit exported around 200 thousand pounds of coco exported (Martins and Junior 2014).

5.2 Commercial use of the fruit

Harries and Clement (2013), the Coconut trees are commonly recognized as tall or dwarves, but intermediate growth habits (natural or artificial hybrids) are often found. Depending on the circumstances, the fruits vary in size, shape and number, but the wide range of uses of virtually every part of the coconut tree is common to everyone.

Most of the countries that grow this palm use them for fruit production, with the objective of commercially exploiting copra (coconut pulp) for oil production and dehydrated dry coconut.

According to Nunes, Santos and Santos (2007), approximately 70% of the total coconut produced in Brazil is destined to the agroindustry, which produces mainly grated coconut and coconut milk, while the remaining 30% are in the market to meet the consumption in natura.

In Brazil, the production is basically intended to produce dry coconut in natura and/or in the form of an industrialized product (grated coconut and coconut milk) with emphasis on the production of coconut water. The green coconut destined for the coconut water market is harvested still immature at approximately six months of age, during which time the formation of solid albumen begins. At this stage there is a higher yield of water and the taste is more pleasant, therefore, having the preference of the consumer. When the objective is to meet the dry coconut market, the fruits must be harvested during the phase of full maturation, reached at 11 to 12 months of age, when the solid albumen is fully formed (MARTINS; JÚNIOR, 2014).

6 I PROBLEMS GENERATED BY BIOMASS OF COCONUT

The biomass generated by the production of coconut is a big problem and for Baconguis (2007), emphasizes that the waste industry of coco reaches the 47% of the production of coconut, being represented mainly by Shell and post the bark. In coastal cities, in accordance with Bitencourt & Pedrotti (2008), cited by Mota et al. (2015), the husks representing up to 80% of the garbage collected. Silveira (2008) mentions that the tank is inappropriate for this residue can cause bad smell, degrade the landscape, putting at risk the environment and contribute to the proliferation of mosquitoes other transmitters of disease. If burned without the proper control produces substances polluting the environment.

In accordance with the standard Agência Brasileira de Normas Técnicas (NBR 10004/1996), which provides for the classification of waste, the coconut husk (main solid

waste generated in the production chain of coconut) fits as a residue class II (non inert waste, biodegradable or fuel). The cost of the provision of this type of material in landfills varies from R$ 60.00 to R$ 130.00 per tonne (FIESP, 2011).

7 I CHARACTERIZATION OF RESIDUAL BIOMASS

The fruit of the coconut tree is composed of albumen liquid (water-coconut), albumen, solid or almond, endocarp (popularly known as “quenga”) and bark.

According to Rosa et al (2002), 80% to 85% of the gross weight of the coconut is represented by shell, the remainder being the usable portion, understood by the albumen and coconut water. The bark is composed of the mesocarp (fiber and dust) and epicarp (most external layer of husk) (ANEEL, 2002). The mesocarp of the fruit, consisting of approximately 30 % fiber and 70 % of powder, basically consists of lignin and cellulose of slow degradation, taking from eight to ten years to decomporem in nature. The EPICARP is generally used in the manufacture of jewelry, handbags and handicrafts (NUNES; SAINTS; SANTOS, 2007)

The coconut fiber is a lignocellulosic fiber obtained from the fibrous mesocarp of coconut, fruit of coconut (Cocos nucifera) grown extensively in the tropics (Ishizaki et al., 2006). The coconut fibers are composed mainly by Celulose (44%), hemicelluloses (12%) lignin (33%) and extractive (6%), 3 which makes this material an interesting raw material for the production of chemicals and/or biofuel of high added value, in the context of the call of lignocellulose biorefinery (RENCORET et al., 2013).

The lignin is an aromatic macromolecule, highly irregular in its constitution, amorphous, has elemental composition of carbon, hydrogen and oxygen. It is a polymer complex responsible for the formation of cell wall that has a high molecular weight and structural basis units phenyl-propane and is probably linked to the polysaccharides (polioses) of wood. The lignin has an important role in the transport of water, nutrients and metabolic disorders, being responsible for the mechanical resistance in plants. Cellulose is a polysaccharide of fibrous characteristic, located within the cells of plants. Presents empirical molecular formula (C6H11O).

The hemicellulose is composed of polymers of different units of sugars that form branched chains and short. It is responsible for about 25 to 35% of the composition of biomass and features numerous applications from bio-materials (films, fibers, biocompósitos), chemical products such as chemical additives to pharmaceutical products for the treatment of epidermal lesions, Peace, Pedroza and Oliveira (2017).

The following table 2 provides a comparison between different types of lignocellulosic biomass:

Lignocellulosic Biomass	% Cellulose	% Hemicelluloses	% Lignin
Sugarcane Straw	40-44	30-32	22-25
Sugarcane Bagasse	32-48	19-24	23-32
Hardwood	43-47	25-35	16-24
Softwood	40-44	25-29	25-31
CornStalk	35	25	35
CornCob	45	35	15
Cotton	95	2	0,3
WheatStraw	30	50	15
Sisal	73,1	14,2	11
Rice Straw	43,3	26,4	16,3
CornStover	38-40	28	jul/21
Coconut Fiber	36-44	0,15-11	33-45
Banana TreeFiber	60-65	06/ago	05/out
BarleyStraw	31-45	27-38	14-19

Table 2: Chemical composition of different biomass. Adapted Santos (2013).

8 I ALTENATIVAS FOR THE USE OF RESIDUES OF COCO

A circular economy is based on the principles of designing waste and pollution, keep products and materials in use and regenerate natural systems (FOUNDATION, 2020), thus to rethink the economic practices of the present society inspired by the functioning of nature itself. It is inseparable from innovation and design of products and systems. It includes a framework for sustainable development based on the principle of “close the life cycle” of products, allowing a reduction in the consumption of raw materials, energy and water. Promotes the development of new relations between the companies, which are to be both consumers and suppliers of materials that are re-incorporated into the productive cycle (LEITÃO, 2015).

In Brazil, the law No 594 of 24 December 1948 grants incentives to the use of coconut fiber. Any business legally established for industrial exploitation of fiber, with the use of national raw material, has exemption from import tax and customs duties. To enjoy the benefits, companies will be obliged to undergo prior to examination and approval by the Ministry of Labor, Industry and Commerce all plans, allow the visits of students of certain courses, when accompanied by teachers and does not entail disruption of service among other obligations.

Some researchers, as well as organs, are studying ways to employ the biomass of green coconut (epicarp, mesocarp and endocarp) in the correct way, without harming the environment.

There are several ways to reuse this residue, by means of grinding the bark for the removal of dust and fiber, which can be used in the manufacture of various industrial byproducts, agricultural, craft and even generate energy, adding value and reducing the accumulation of cocos discarded (GONÇALVES, 2019), the options ranging from the production of artisan objects, Making memories, use of natural fiber filters, renewable energy production, manufacture of briquettes, among others (Mota et al., 2015).

The following table 3 provides various possibilities of using this residue considering its parts:

Part of the biomass	**Destination for biomass**	**Bibliographic reference**
The endocarp	Material of pyrolysis for charcoal production	Andrade et al (2004)
The mesocarp	Removal of reactive dye gray BF-2R	Rocha et al (2012)
Fiber	Agricultural substrate	Carrijo, Liz & makishima (2002)
	Material of pyrolysis for charcoal production	Andrade et al (2004)
	Application in composite materials	Leo (2012)
	Activated charcoal	Macedo (2005)
	Use in asphaltic mix	Vale (2007)
	Production of screens and webs	
	Soil protection	
	Production of paper	
	Environmentally sound materials for civil construction	
	Cooling of photovoltaic plates	(Rajasekar, Prasannaa and Mario, 2019)
	Complementation of animal feed	Vale (2007)
Shell	Production of bio-oil	Mota et al. (2015)
	Charcoal	
	Fuel gas	
	Charcoal	Vale; Barroso; quirinius (2004)
	Chips or chips	Lopes; Brito; Moura (2016)
	Coal	Baconguis (2007)
	Ethanol from 2ªgeração	(RAMALHO; GUARIEIRO; VIEIRA, 2016)
Bark powder	Sorbent material for the detoxification of industrial effluents	Pin (2005)
Bark powder	Bio-oil	Figueiredo (2011)
Bark powder	Agricultural substrate	Rosa et al (2002)
Bark powder	Bioadsorbente material of low cost for treatment of industrial effluents contaminated with toxic metals	Sousa et al (2007)

Table 3. Possibilities for use of waste

9 | FINAL COMMENTS

Logistics being seen as the flow of materials from production to consumption, there is a need for reverse logistics of consumption for reuse. After reaching the final consumer, the product may move up to three different destinations:

- Go to a safe disposal, such as location of sanitary landfill and specific deposits.
- A destination insecure, being discarded in nature (polluting the environment).
- Or, return to a reverse distribution chain (faé et al., 2006).

Reverse logistics of the shell of coconut is not new. The coconut producing families in small properties dry the residue and place them on the inside of the stove the firewood to produce energy. Business opportunities are promoted through creative projects to ensure best use of resources that are consumed (GONÇALVES, 2019). The main obstacle to biorrefinária de coco is the logistics required to manage and allocate coconut waste on a large scale to the place of its reuse of an economically viable (BECKER et al., 2016); (LOPES, 2018). However, the Brazilian federal law no. 12,305, of 2010, provides for the restructuring of the management systems and solid waste management, implementing technologies for recovery and treatment of waste. In this case, to support the restructuring of the management of waste, in particular the solid waste from coconut, the need and possibility of implementation of collection is required for the solid waste collection may occur correct and separately (at least in two fractions: wet and dry) according to their characteristics (BECKER et al., 2016). Lim (2011) discusses the viability of employing with empirical evidence (ERP) for the practice of a logistics and supply chain more sustainable, in an effort to reduce the environmental impact and, at the same time, reduce logistics costs and the costs of production, noting that companies can gain a competitive advantage with the use of ERP platform, with a better management of the resources of the company. Enterprise Resource Planning (ERP) is presented as a solution for a cleaner and more sustainable in terms of logistics strategy and supply chain management through the integration of all business functions together with the help of ICT (Information and Communication Technologies) for a more transparent and efficient exchange of data and instructions. It is therefore concluded that the logistical challenge of redirecting the residual biomass in Brazil can be addressed by implementing strategies supported in federal law 12,305 together with a logistics platform ERP, developing a system more sustainable.

REFERÊNCIAS

"Crops". FAOSTAT. Countries - Select All; Regions - World + (Total); Elements - Production Quantity; Items -Coconuts; Years - 2016 Disponível em: Acessado em 23 outubro 2018

"Crops". FAOSTAT. Countries - Select All; Regions - World + (Total); Elements - Production Quantity; Items - Coconuts; Years - 2017 Disponível em: *http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/* Acessado em 30 outubro 2019

ALLABY, Robin. 2007. **Origins of Plant Exploitation in Near Oceania: A Review**. **Oxford University Press**: Genes, Language, and Culture History in the Southwest Pacific, New York, p.181-194.

ANDRADE, Azarias Machado de et al. Out. 2004. **Pirólise de resíduos do coco-da-baía (Cocos nucifera Linn) e análise do carvão vegetal**. Rev. Árvore, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 707-714.

BACONGUIS, Santiago R. 2007. Abandoned Biomass Resource Statistics in the Philippines. In: 10TH NATIONAL CONVENTION ON STATISTICS (NCS), 10., 2007, Mandaluyong. **Abandoned Biomass Resource Statistics in the Philippines.** Mandaluyong: 10th National Convention On Statistics. p. 1 - 12.

BECKER, Renan; QUEIROZ, Taiane Nunes de; SANTOS, Fernando; PEREIRA, Marlon Cristian Toledo; BOHRER, Robson; DULLIUS, Jeane; VILARES, Matheus; MACHADO, Grazielle. **Productivity potential and coconut waste quality for biorefining**. **Agronomy Science And Biotechnology**, [s.l.], v. 2, n. 1, p. 11, 29 jun. 2016. Editora Mecenas Ltda. http://dx.doi.org/10.33158/asb.2016v2i1p11.

CANDOLLE, Alphonse de. 1885. **Origin of cultivated plants**. By Alphonse de Candolle. **The International Scientific Séries**, [s.l.], p.430-432. D. Appleton,. http://dx.doi.org/10.5962/bhl.title.29067.

Carr M. 2011. **The water relations and irrigation requirements of coconut (Cocos nucifera): a review**. Experimental Agriculture 47(1): 27–51.

CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S.; MAKISHIMA, N. 2002. **Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola**. Horticultura Brasileira, Brasiília, v. 20, n. 4, p. 533-535.

Faé MI, Ribeiro GM and Schwartz Filho AJ. 2006. **Industry location for coconut recycling.** In: International Conference on Industrial Logistics. Proceedings ICIL'2006, Kaunas,1: 65-71.

FIGUEIREDO, Aneliése Lunguinho. 2011. **Pirólise termoquímica de pós da fibra de coco seco em um reator de cilindro rotativo para produção de bio-óleo.** 2011. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de PÓs-graduaÇÃo em CiÊncia e Engenharia de PetrÓleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rn.

FOUNDATION, Ellen Macarthur. **Circular Economy**. 2020. Disponível em: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/what-is-the-circular-economy. Acesso em: 18 maio 2020.

GONÇALEZ, Joaquim Carlos. 31 mar. 2016. **APROVEITAMENTO DA CASCA DO COCO-VERDE (Cocos nucifera L.) PARA PRODUÇÃO DE POLPA CELULÓSICA. Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p.321-330. Universidade Federal de Santa Maria. http://dx.doi.org/10.5902/1980509821126.

GONÇALVES, Max Filipe Silva. **LOGÍSTICA REVERSA DO RESÍDUO DE COCO VERDE – UMA ABORDAGEM SOBRE POSSIBILIDADES DE REAPROVEITAMENTO**. **Logs**: LOGÍSTICA E OPERAÇÕES GLOBAIS SUSTENTÁVEIS, São Paulo, p. 198-220, 29 mar. 2019.

GROSSI, Elton Carlos. 2015. Produção de etanol de segunda geração a partir de um derivado de celulose. **Dissertação Apresentada Ao Programa de Pós-graduação em Tecnologias Química e Biológica do Instituto de Química da Universidade de Brasília**, [s.l.], p.1-75. Biblioteca Central da UNB. http://dx.doi.org/10.26512/2015.03.d.18579.

GUNN, Bee F.; BAUDOUIN, Luc; OLSEN, Kenneth M. 22 jun. 2011**. Independent Origins of Cultivated Coconut (Cocos nucifera L.) in the Old World Tropics. Plos One**, [s.l.], v. 6, n. 6, p.1-8. Public Library of Science (PLoS). http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0021143.

HARRIES, H. C. Jul. 1978. **The evolution, dissemination and classification ofCocos nucifera L**. **The Botanical Review**, [s.l.], v. 44, n. 3, p.265-319. Springer Nature. http://dx.doi.org/10.1007/bf02957852.

HARRIES, H.c.; GREEN, Editor. Alan H.. Wild, **Domestic and Cultivated Coconuts**. **World Bankt Technical Paper Number 136**: Coconut Production: Present Status and Priorities for Research, Washington, Dc, p.137-146, 1991.

HARRIES, Hugh C. 1990. **Malesian origin for a domestic Cocos nucifera**. **The Plant Diversity Of Malesia**, [s.l.], p.351-357. Springer Netherlands. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-009-2107-8_29.

HARRIES, Hugh C.; CLEMENT, Charles R. 23 dez. 2013. **Long-distance dispersal of the coconut palm by migration within the coral atoll ecosystem**. **Annals Of Botany**, [s.l.], v. 113, n. 4, p.565-570. Oxford University Press (OUP). http://dx.doi.org/10.1093/aob/mct293.

HARRIES, Hugh; BAUDOUIN, Luc; CARDENA, Rolando. **Floating, Boating and Introgression: Molecular techniques and the ancestry of coconut palm populations on Pacific Islands**. **Ethnobotany Research And Applications**, [s.l.], v. 2, p.37-53. Botanical Research Institute of Texas. http://dx.doi.org/10.17348/era.2.0.37-53.

INDICADORES IBGE. 31 dez. 2004. **Estatística da produção agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006-. Disponível em: < https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/6/lspa_pesq_2017_Dez.pdf>. Acesso em: out. 2018 https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2014/default_xls.shtm

ISHIZAKI, Marina H. et al. 2006. **Caracterização mecânica e morfológica de compósitos de polipropileno e fibras de coco verde: influência do teor de fibra e das condições de mistura**. **Polímeros**, [s.l.], v. 16, n. 3, p.182-186. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s0104-14282006000300006.

LEÃO, Rosineide Miranda. 2012. **TRATAMENTO SUPERFICIAL DE FIBRA DE COCO E APLICAÇÃO EM MATERIAIS COMPÓSITOS COMO REFORÇO DO POLIPROPILENO.** 2012. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de CiÊncias MecÂnicas, de Engenharia MecÂnica, Universidade de BrasÍlia, Brasilia.

LEBRUN, P. et al. 1998. **Genetic diversity in coconut (Cocos nucifera L.) revealed by restriction fragment length polymorphism (RFLP) markers**. **Euphytica**, [s.l.], v. 101, n. 1, p.103-108. Springer Nature. http://dx.doi.org/10.1023/a:1018323721803.

LEITÃO, Alexandra. Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI. **Portuguese Journal Of Finance, Management And Accounting.** Lisboa, p. 149-171. 02

LIM, Marcus. **Sustainable Logistics and Supply Chain for Biomass harvesting using ERP Platform**. 2011. 33 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sustainable Development, Institutionen För Geovetenskaper Uppsala, Uppsala, 2011.

LOPES, Morgana Evair Nunes Mendes. **O APROVEITAMENTO DA BIOMASSA DA CASCA DO COCO VERDE PARA PRODUÇÃO DE BRIQUETES E GERAÇÃO DE ENERGIA**. **Revista Diálogos & Ciência**, Salvador, p. 51-76, nov. 2018.

MACEDO, Jeremias de Souza. 2005. **Aproveitamento dos resíduos do beneficiamento de fibras de coco na obtenção de um eco-material: carbono ativado mesoporoso.** 2005. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Química, Universidade Federal de Sergipe, SÃo CristÓvÃo.

MARTINS, C. R.; JÚNIOR, L. A. J. 2011. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional – Panorama 2010**. Embrapa, Aracaju – SE.

MARTINS, Carlos Roberto; JESUS JÚNIOR, Luciano Alves de. Ago. 2014. **Produção e Comercialização de Coco no Brasil Frente ao Comércio Internacional: Panorama 2014**. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**: Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, Se, p.01-53.

MOTA, Francisco de Assis da Silva et al. 2015. **A BIOMASSA DO COCO VERDE (Cocos nucifera)**. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 1., 2015, Fortaleza. Anais. Fortaleza: Ufc. p. 1- 4.

NAYAR, N Madhavan. 2017. Origins. **The Coconut**, [s.l.], p.117-144 id 268-271. Elsevier. http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-809778-6.00007-3.

NAYAR, N Madhavan. 2017. Origins. **The Coconut**, [s.l.], p.145-183. Elsevier. http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-809778-6.00008-5.

NAYAR, N Madhavan. 2017. Paleobotany and Archeobotany. **The Coconut**, [s.l.], p.51-65. Elsevier. http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-809778-6.00004-8.

NAYAR, N.m. 2014. Phylogeny of the Genus Oryza L. **Origin And Phylogeny Of Rices**, [s.l.], p.37-57. Elsevier. http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-417177-0.00003-6.

PAZ, Elaine da Cunha Silva; PEDROZA, Marcelo Mendes; OLIVEIRA, Luciana Rezende Alves de. 1 jun. 2017. **Alternativa De Exploração Sustentável Dos Resíduos Do Coco Verde Para A Produção De Energia**. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Ribeirão Preto, v. 6, n. 2, p.318-345. Universidade Federal do Parana. http://dx.doi.org/10.5380/rber.v6i2.49041.

PERERA, L. et al. 02 mar. 2003. **Studying genetic relationships among coconut varieties/ populations using microsatellite markers**. **Euphytica**, Netherlands, v. 132, n. 1, p.121-128.

PINO, G. A. H. 2005. **Biossorção de metais pesados utilizando pó da casca de coco verde (Cocos nucifera)**. Mestrado em Engenharia Metalúrgica – PUC – Rio de Janeiro.

RAJASEKAR, R.; PRASANNAA, P.; RAMKUMAR, R. 20 jun. 2019. **Efficiency of solar PV panel by the application of coconut fibres saturated by earthen clay pot water**. **Environmental Technology**, [s.l.], p.1-8. Informa UK Limited. http://dx.doi.org/10.1080/09593330.2019.1629181.

RAMALHO, José Julio Araújo; GUARIEIRO, Lilian Lefol Nani; VIEIRA, Érika Durão. 2016. **Análise do Potencial de Uso da Fibra de Coco Verde (Cocus Nucifera) para Produção de Etanol de Segunda Geração**. **Faculdade Senai Cimatec**: II Workshop de Gestão, Tecnologia Industrial e Modelagem Computacional, N.i., p.20-21.

RENCORET, Jorge et al. 26 fev. 2013. **Structural Characterization of Lignin Isolated from Coconut (Cocos nucifera) Coir Fibers**. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, [s.l.], v. 61, n. 10, p.2434-2445. American Chemical Society (ACS). http://dx.doi.org/10.1021/jf304686x.

ROCHA, Otidene Rossiter Sá da et al. 2012. **Avaliação do processo adsortivo utilizando mesocarpo de coco verde para remoção do corante cinza reativo BF-2R**. Quím. Nova, São Paulo, v. 35, n. 7, p. 1369-1374.

ROSA, M. F.; BEZERRA, F. C.; CORREIA, D.; SANTOS, F. J. S.; ABREU, F. A. P.; FURTADO, A. A. L.; BRÍGIDO, A. K. L.; NORÕES, E. R. V. 2002. **Utilização da casca de coco como substrato agrícola**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 24 p. (Documentos, 52)

Santos F., Colodete J. and Queiroz J. 2013**. Bioenergia e Biorrefinaria: Cana-de-açúcar e espécies florestais**. UFV, Viçosa, 551p.

SAUER, Carl O. 1952. **AGRICULTURAL ORIGINS AND DISPERSALS**. **The American Geographical Society**, New York, p.27-27.

SIQUEIRA, Luiz Alberto; ARAGÃO, Wilson Meneses; TUPINAMBÁ, Evandro Almeida. Nov. 2002. **A introdução do coqueiro no Brasil. Importância histórica e agronômica**. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**: Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, Se, p.1-24.

SOUSA, Francisco W. et al. Out. 2007. **Uso da casca de coco verde como adsorbente na remoção de metais tóxicos**. Química Nova, [s.l.], v. 30, n. 5, p.1153-1157. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422007000500019.

SUMMERHAYES, Glenn R. 8 out. 2018. **Coconuts on the Move: Archaeology of Western Pacific**. **The Journal Of Pacific History**, [s.l.], p.1-22. Informa UK Limited. http://dx.doi.org/10.1080/00223344.2018.1520082.

VALE, A. T. do; BARROSO, R. A.; **QUIRINO, W. F**. 2004. **Caracterização da biomassa e do carvão vegetal do coco-da-baía (Cocos nucifera L.) para uso energético**. Biomassa & Energia, Viçosa, v. 1, n. 4, p. 365-370,.

VALE, Aline Colares do. 2007. **Estudo Laboratorial Da Viabilidade Do Uso De Fibras De Coco Em Misturas Asfálticas Do Tipo Sma**. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do CearÁ, Fortaleza, 2007.

ZAFAR, Salman. 2018. **Energy Potential of Coconut Biomass**. Disponível em: <https://www.bioenergyconsult.com/coconut-biomass/>. Acesso em: 22 out. 2018.

CAPÍTULO 9

ESTUDO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM EM BALDES COM O USO DE DIFERENTES TIPOS DE INOCULANTES

Data de aceite: 03/05/2021
Data de submissão: 05/02/2021

Ester Pereira de Souza
Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC
Garopaba – Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/9551560460964073

Lucélia Souza Barbosa
Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC
Garopaba – Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/3993406495807810

Janaina Anacleto Nunes
Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC
Garopaba – Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/2911740672035535

Juliano da Cunha Gomes
Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC
Garopaba – Santa Catarina
http://lattes.cnpq.br/0429306746389265

RESUMO: Nas últimas três décadas constatou que a geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) aumentou consideravelmente três vezes mais rápido que o crescimento populacional, estima-se que se o ritmo atual de consumo e geração de RSU for mantido, em 2050 a humanidade somará em torno de 9 bilhões de habitantes e 4 bilhões de toneladas de resíduos gerados anualmente. Em 2018 no Brasil foram gerados cerca de 79 milhões de RSU, sendo que 50% desse total produzido são resíduos orgânicos e deste montante, cerca de 40,5% (43,3 milhões de toneladas) são destinados a locais inadequados como lixões ou aterros controlados, oferecendo riscos à saúde pública e impactos adversos ao meio ambiente. O principal método de reciclagem dos resíduos orgânicos é a compostagem, podendo ser realizada em sistemas abertos e fechados em um período aproximado entre 90 a 120 dias, quando feita da forma tradicional. Este trabalho teve como objetivo analisar a ação de três tipos de inoculantes no processo de compostagem em baldes: iogurte probiótico, leite fermentado e kefir, tendo como base para análise os parâmetros temperatura, umidade e pH. Ao final do processo constatou-se que os melhores resultados foram obtidos pelo iogurte probiótico, seguido do Kefir e por fim o leite fermentado.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos orgânicos, inoculantes, reator biológico, compostagem.

STUDY OF THE COMPOSTING PROCESS IN BUCKETS USING DIFFERENT TYPES OF INOCULANTS

ABSTRACT: In the last three decades it has been verified that the generation of Municipal Solid Waste (MSW) has increased considerably three times faster than population growth, it is estimated that maintenance of the current consumption rate and generation of MSW, by 2050 humanity will total around 9 billion people and 4 billion tons of waste generated annually. In 2018, approximately 79 million MSW were generated in Brazil, 50% of this total produced being organic waste, and of this amount, about 40.5% (43.3 million tons) are destined to inadequate locations such as dumps

or controlled landfills, offering risks to public health and adverse impacts on the environment. The main method of recycling organic waste is composting carried out in open and closed systems, during an approximate period of 90 to 120 days in the traditional way. This study aimed to analyze three types of inoculants in the composting process carried out in buckets: probiotic yogurt, fermented milk and kefir, analyzing the parameters temperature, humidity and pH. At the end of the process it was found that the best results were obtained by probiotic yogurt, followed by Kefir and finally fermented milk.
KEYWORDS: Organic waste, inoculants, biological reactor, composting.

1 | INTRODUÇÃO

A gestão inadequada dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é um problema universal, proveniente do alto consumo em conjunto com o crescimento populacional e o desenvolvimento das cidades. Atualmente a humanidade produz em média 2,1 bilhões de toneladas de resíduos por ano, com geração *per capita* variando de 0,11 a 4,54 kg/hab/dia (KAZA et al., 2018).

No ano de 2018 o Brasil gerou cerca de 79 milhões de toneladas de RSU, com uma geração per capita de 0,96 kg/hab/dia deste montante 59% tiveram uma disposição adequada, mas 40,5 % ou seja 43,3 milhões de toneladas ainda são destinados a locais inadequados como lixões ou aterros controlados (ABRELPE, 2018/2019; SNIS, 2018).

A composição gravimétrica dos RSU no Brasil é de 23% para o vidro, 3% para metal, 9% para papel/papelão, 13% para o plástico, 22% para outros e 50% para os resíduos orgânicos, concluindo-se que, metade de todo resíduo gerado no ambiente urbano é orgânico, sendo que menos de 2% da fração orgânica é destinada para a compostagem. (ABRELPE, 2017; SNIS, 2018).

Os municípios da região Sul do Brasil geraram, em 2018, a quantidade de 22.586 ton/dia de RSU, das quais 95% foram coletadas. Dos resíduos coletados na região, 29,4% foram encaminhados para lixões e aterros controlados (ABRELPE, 2018/2019; IMA, 2020).

O município de Garopaba está situado na região Sul de Santa Catarina com uma população de 23.579 e possui uma área territorial de 114,773 km². Segundo o Governo Municipal de Garopaba, o turismo é a principal fonte de economia. Na baixa temporada a cidade gera cerca de 800 ton/mês, na alta temporada de dezembro a fevereiro ocorre um aumento de pelo menos 1.500 de ton/mês (CHEIDDE, 2018; IBGE, 2020).

O destino inadequado dos resíduos orgânicos geram impactos adversos ao meio ambiente e oferecem riscos à saúde pública quando despejado em lugares sem controle ambiental como os lixões ou aterros controlados. Estes resíduos, quando em contato com a água acabam gerando o lixiviado e gases que podem comprometer e causar efeitos de poluição atmosférica e a contaminação das águas subterrâneas. Os métodos mais comuns de tratamento da fração orgânica são o sistema de biodigestores anaeróbios e o sistema aeróbio através da compostagem (GOMES, 2019).

A compostagem é um processo de decomposição da fração orgânica dos resíduos, efetuada por microrganismos aeróbios, o qual ocorre em três etapas: Fase inicial ou termofílica, onde há liberação de calor e rápida elevação da temperatura. Nesta fase a maior parte da matéria orgânica é degradada em cerca de 40 dias por bactérias termofílicas que atuam há uma temperatura de 45°C a 65°C. A próxima fase é a de oxidação ativa ou mesofílica, onde ocorre a degradação das substâncias orgânicas mais resistentes. Nesta fase a temperatura varia entre 20°C a 40°C e reduz gradativamente por cerca de 90 dias até entrar na última fase, a maturação, na qual a temperatura e relação C/N se estabilizam, o pH é neutro e há baixa atividade microbiana. Esta fase tem duração de 30 dias. O tempo e qualidade do composto final depende do comportamento de alguns parâmetros ao longo do processo, como por exemplo o uso de inoculantes (microrganismos) para otimização do processo, a relação carbono / nitrogênio (C/N) ideal que deve ser de 30/1, o teor ótimo de umidade entre 40 e 60% e a temperatura ótima entre 50 ºC a 55 ºC. Normalmente o processo dura entre 90 a 120 dias, dependendo das condições do tempo (ABNT, 1996; BRASIL, 2017; PROSAB, [s.d.]; SENAR, 2009).

Entre os sistemas de compostagem, destacam-se os o sistema abertos de leiras revolvidas (*windrow*), leiras estáticas aeradas (*static pile*) e os sistemas fechados de reatores biológicos de fluxo vertical, de fluxo horizontal e de bateladas (*In-vessel*). Desses sistemas de leiras revolvidas é o mais simples e exequível, pois os resíduos são dispostos sobre leiras, e a aeração da massa de resíduos pode ser feita através do reviramento manual (PROSAB, [s.d.]).

Portanto, este trabalho teve como objetivo analisar a ação de três tipos de inoculantes no processo de compostagem em baldes, tendo como base para análise os parâmetros de temperatura, umidade e pH, apresentados nos relatórios elaborados pelos alunos do curso de Gestão Ambiental (2018), Biotecnologia e Controle Ambiental do IFSC – Campus Garopaba, com finalidade de identificar qual inoculante apresenta melhor resultado para compostagem de baldes.

2 | METODOLOGIA

A primeira etapa do processo foi a produção do inoculante em laboratório, utilizando o leite pasteurizado como base e como fonte de microrganismos foram utilizados os seguintes produtos: kefir, leite fermentado e iogurte probiótico.

Com a ajuda de um funil transferiu-se 250 ml de leite e 1,5 ml de iogurte probiótico para um erlenmeyer e anotou-se no mesmo o nome do inoculante. Em seguida colocou-se um tampão e enrolou-se o erlenmeyer em plástico filme. Repetiu-se a mesma operação para o kefir e o leite fermentado.

Os erlenmeyers foram colocados dentro de potes de vidros, os quais foram fechados e lacrados com plástico filme, com uma vela acesa em seu interior para criar um ambiente

anaeróbio e posteriormente foram encaminhados para a estufa com temperatura de 37°C onde permaneceu por aproximadamente uma semana.

Para simular a técnica de leiras revolvidas em ambiente controlado montou-se uma composteira com baldes de 15 L onde no balde superior armazena-se resíduos a serem compostados e no balde inferior é realizada a coleta do lixiviado. No balde superior foram realizados furos na parte superior, para permitir a passagem de ar atmosférico e furos no fundo para permitir a passagem do lixiviado para o balde inferior.

A montagem das pilhas ocorreu intercalando entre camadas de resíduos ricos em carbono com resíduos ricos em nitrogênio com a proporção de 2/3 de material seco (rico em carbono) e 1/3 de material úmido (rico em nitrogênio). Os inoculantes foram introduzidos quando as camadas chegaram ao meio da pilha.

No total foram produzidas três composteiras, cada uma com um inoculante diferente. A manutenção foi realizada a cada quinze dias, onde verificava-se a medição da temperatura, umidade e pH e fazia-se o revolvimento da massa quando necessário.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos monitoramentos foram agrupados e passaram por tratamento estatístico, conforme observado na 1.

Data	Kefir			Leite fermentado			Iogurte probiótico		
	Umidade (%)	Temperatura (°C)	pH	Umidade (%)	Temperatura (°C)	pH	Umidade (%)	Temperatura (°C)	pH
28/08/2019	100	23,6	7,8	100	28,2	8,6	100	29	8
04/09/2019	100	24,6	8,5	100	29,3	7,5	50	25	8
13/09/2019	85	22,8	8,8	95	24,2	7,5	40	26	7,5
19/09/2019	47	24	7,5	85	25,3	7,5	40	24,7	7,5
18/10/2019	55	25,3	7,5	25	40	7,5	50	25	7,5
07/11/2019	40	24,6	7,5	50	24,5	7,5	50	26	7,5
13/11/2019	45	25	7,5	30	26	7,5	40	26	7,5
Média	**55**	**24,6**	**7,5**	**85**	**26**	**7,5**	**50**	**26**	**7,5**
Moda	**100**	**24,6**	**7,5**	**100**	**#N/D**	**7,5**	**50**	**26**	**7,5**
Desvio padrão	**26,63867579**	**0,8654753717**	**0,5498917642**	**33,34523597**	**5,528540667**	**0,4157609203**	**21,38089935**	**1,453567041**	**0,2439750182**

Figura 1 - Síntese dos resultados obtidos durante o monitoramento da compostagem

Fonte: Próprio autor

Como mostra a 2, não houve grandes variações de temperatura entre os inoculantes, Na média permaneceram entre 24,6 a 26°C. Embora o desvio padrão da temperatura na 1 tenha sido menor para o Kefir, o iogurte probiótico conseguiu melhores resultados, pois o valor que mais se repete (moda) foi em uma temperatura mais alta, uma vez que se deseja um processo 100% termofílico, apontando o melhor resultado para o iogurte probiótico. Os

resultados indicam que a compostagem em baldes não atingiu a fase termofílica, mesmo com o uso de diferentes inoculantes, ocorrendo somente a fase mesofílica, provavelmente em função do pequeno volume de resíduos utilizados.

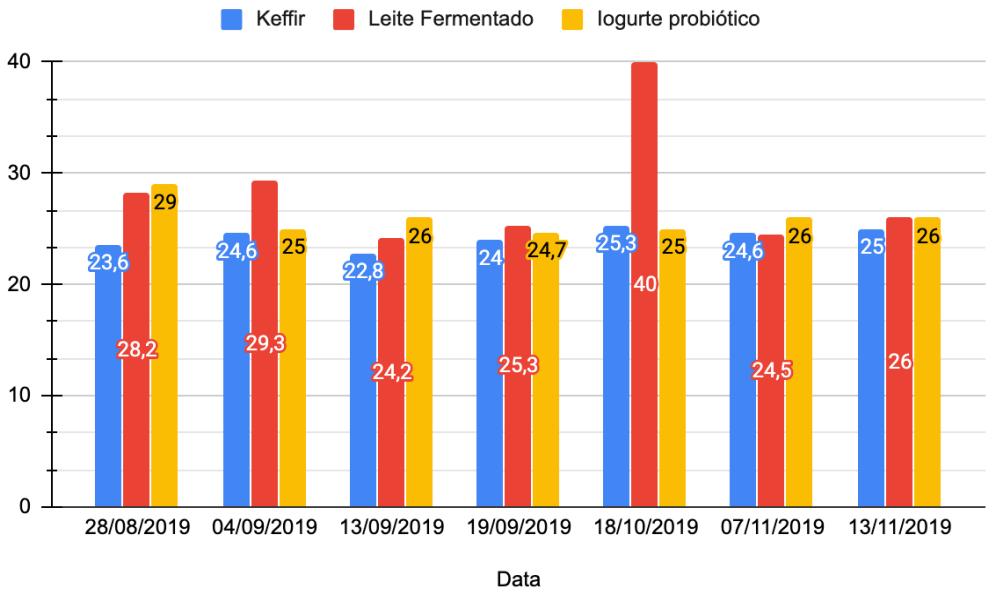


Figura 2 – Variação da temperatura (°C) ao longo do tempo

Fonte: Próprio autor

Em relação ao teor de umidade, todos os inoculantes iniciaram com umidade elevada de 100% e a partir do segundo monitoramento a umidade do iogurte probiótico reduziu para 50% e ficou oscilando durante todo processo em uma faixa de 40% a 50%. Tanto na média quanto na moda, o iogurte probiótico se manteve na faixa de umidade ideal para a compostagem, além de ter obtido o menor desvio padrão entre os três inoculantes. O Kefir, até o terceiro monitoramento estava com umidade excessiva, mas a partir do quarto monitoramento mostrou um comportamento parecido ao do iogurte probiótico, também oscilando na faixa ótima de umidade para compostagem e embora tenha obtido uma média excelente e um desvio padrão aceitável, obteve valores indesejáveis na moda. O leite fermentado foi o que menos permaneceu na umidade ideal, tendo todos os parâmetros estatísticos com valores indesejáveis. Portanto, o melhor resultado obtido de umidade foi com o inoculante iogurte probiótico, seguido do Kefir e por fim o Leite fermentado, como pode-se observar na 1 e 3.

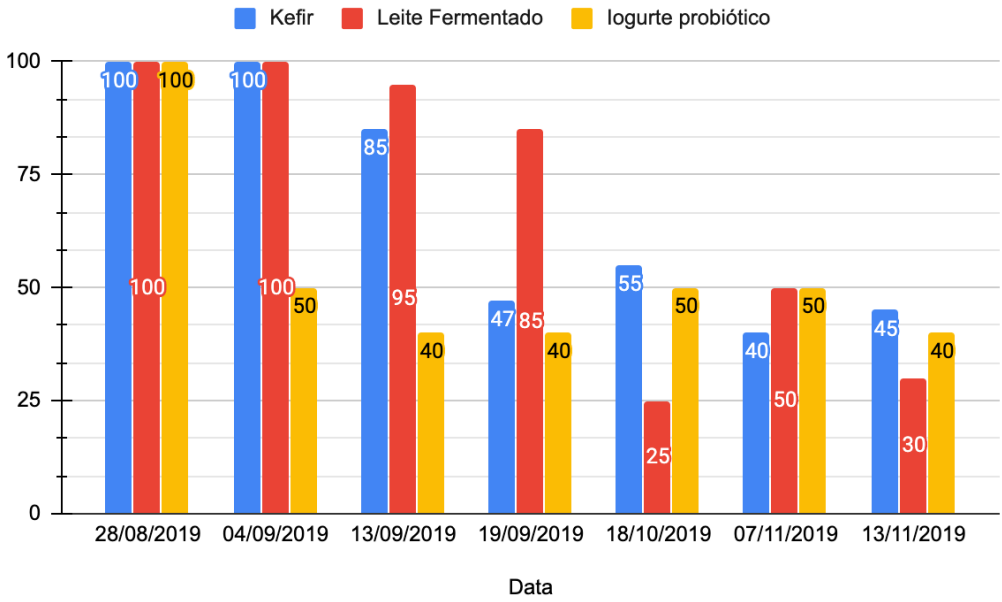


Figura 3 – Variação da umidade (%) ao longo do tempo

Fonte: Próprio autor

O pH sofreu alterações mais expressivas nos 03 primeiros monitoramentos, como mostra a 4. Todos os inoculantes nos três primeiros monitoramentos variaram de 7,8 a 8,6 indicando um pH mais alcalino do que neutro. A partir do quarto monitoramento todos se estabilizaram e assim permaneceram ao longo do processo. Considerando que todos os inoculantes obtiveram média e moda iguais, o iogurte seria o que apresentaria melhor resultado devido ao menor desvio padrão entre os três inoculantes, seguido do leite fermentado que se estabilizou em 7,5 a partir do segundo monitoramento e obteve o segundo menor desvio padrão e por fim o Kefir que teve uma alteração significativa nos primeiros testes, vindo se estabilizar depois do quarto monitoramento, consequentemente obtendo o maior desvio padrão.

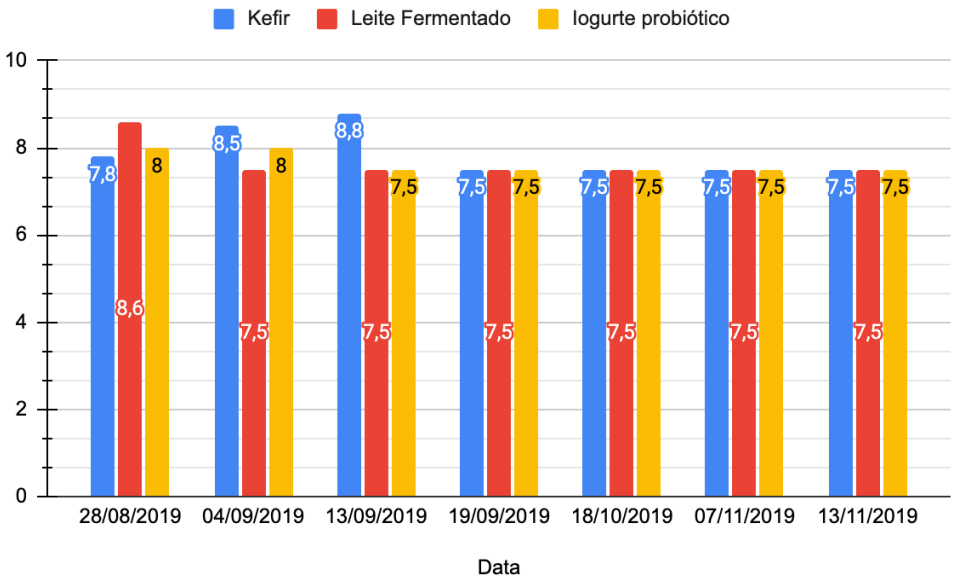


Figura 4 – Variação do pH ao longo do tempo

Fonte: Próprio autor

Ao final do monitoramento, o composto demonstrava estar pronto para a fase de maturação. Ele possuía temperatura ambiente, pH próximo a 7, 45% de umidade, cor escura, com textura parecida com a de turfa e livre de odores, conforme a 5.

Figura 5 - Composto final

Fonte: Próprio autor

4 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, constatou-se que o inoculante mais eficiente foi o iogurte probiótico, pois na maior parte do processo atingiu a temperatura mais elevada, manteve-se na faixa de umidade ideal e com um pH neutro.

O Kefir foi segundo inoculante com o melhor resultado, pois embora tenha obtido as menores temperaturas ao longo do processo, elas estavam muito próximas das temperaturas dos outros inoculantes. Seu pH estabilizou próximo ao neutro a partir do quarto monitoramento e a umidade também ficou na faixa ideal a partir do quarto monitoramento.

O resultado menos expressivo foi o do leite fermentado mesmo obtendo temperaturas mais próximas do iogurte probiótico ao longo do processo e seu pH se estabilizando próximo ao neutro a partir do segundo monitoramento, ele só conseguiu manter a umidade ideal durante o quinto monitoramento, sendo que a umidade é um parâmetro essencial para o desenvolvimento dos microrganismos que fazem a degradação da fração orgânica dos resíduos na compostagem.

O fato da temperatura não ter atingido a fase termofílica ao longo do processo mostrou que a temperatura é um parâmetro fundamental para a aceleração do processo, pois é na fase termofílica que a maior parte da fração orgânica é degradada, por isso constatou-se a necessidade da implementação de um mecanismo de controle de umidade e temperatura para próximas pesquisas, como os reatores biológicos automatizados. Esse tipo de equipamento controla umidade e temperatura automaticamente, mantendo um ambiente termofílico constante, teoricamente, otimizando o tempo de compostagem.

AGRADECIMENTOS

Ao IFSC - Campus Garopaba pelo apoio via edital 23/2019 PROPPI/DAE.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 13591: **Compostagem**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 1996.

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: Abrelpe, 2018/2019. 68 p. Disponível em: https://abrelpe.org.br/panorama/ Acesso em: 18 set. 2020.

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo, SP: 2017. Disponível em: https://abrelpe.org.br/panorama/ Acesso em: 18 set. 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Compostagem Doméstica, Comunitária e Institucional de Resíduos Orgânicos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2017. 69 p. Disponível em https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80058/Compostagem-ManualOrientacao_MMA_2017-06-20.pdf Acesso em 30 set. 2020.

CHEIDDE, I. A. **Proposta de melhorias no processo de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos do município de Garopaba**. Palhoça. SC, 2018.

GOMES, J.C. **DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO PARA AUXILIAR A REMEDIAÇÃO DE LIXÕES DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**. 2019. 189 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Ambiental, Ufsc, Florianópolis, 2019.

IMA. **IMA PASSA A DIVULGAR BOLETIM MENSAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM SANTA CATARINA**. 2020. Disponível em: https://www.ima.sc.gov.br/index.php/noticias/1440-ima-passa-a-divulgar-boletim-mensal-de-residuos-solidos-em-santa-catarina#:~:text=O%20total%20de%20res%C3%ADduos%20obteve,7.317.223%2C03%20toneladas. Acesso em: 18 set. 2020.

IBGE. **IBGE**. 2020. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sc/garopaba.html. Acesso em: 18 set .2020.

KAZA, S. et al. A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. **World Bank Group**. NW, Washington, 2018. Disponível em https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317 Acesso em 30 set. 2020.

PROSAB. **MANUAL PRÁTICO PARA A COMPOSTAGEM DE BIOSSÓLIDOS**. Londrina: [s.n.], [s.d.]. Disponível em: https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Livro_Compostagem.pdf. Acesso em: 29 set. 2020.

SENAR. **Programa Olericultura Orgânica**. São Paulo, SP: [s.n], 2009.

SNIS. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbano**. 2018. Disponível em: http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-do-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-2018. Acesso em: 17 set. 2020.

CAPÍTULO 10

REMOÇÃO DE PARACETAMOL UTILIZANDO RESÍDUOS DA CASCA DE ARROZ COMO BIOSSORVENTE

Data de aceite: 03/05/2021
Data de submissão: 04/02/2021

Renata Farias Oliveira
Universidade Luterana do Brasil, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária
Canoas – RS
https://orcid.org/0000-0002-9587-5568

Lucas Winter
Universidade Luterana do Brasil, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária
Canoas – RS
https://orcid.org/0000-0003-4151-6874

Nádia Teresinha Schröder
Universidade Luterana do Brasil, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária
Canoas – RS
https://orcid.org/0000-0001-5505-1137

RESUMO: A presença de fármacos em meio aquático causa efeitos adversos a saúde pública e aos ecossistemas, mesmo em concentrações baixas. A remoção desses produtos em sistemas de tratamento de efluentes não é completa, o que permite a sua acumulação em corpos hídricos. Há necessidade de avaliar os efeitos à longo prazo, de fármacos como o paracetamol, analgésico de uso global, pois sua remoção não ocorre nos sistemas de tratamentos convencionais. A adsorção é um processo que tem se mostrado promissor para a remoção desse tipo de contaminante. Neste sentido, este estudo avaliou a remoção de paracetamol em soluções aquosas pelo processo de adsorção com uso de casca e cinza de casca de arroz. Para o experimento, buscou-se as melhores condições para a biossorção do contaminante. Foram avaliados os parâmetros: pH entre 4 e 8, concentração inicial do adsorbato de 20 $mg.L^{-1}$ de paracetamol, massa de biossorvente entre 0,5 e 1,5 g e tempo de contato entre adsorbente e adsorbato até 120 minutos. Para os ensaios com a casca de arroz não foi possível avaliar a adsorção do paracetamol, pois houve liberação de cor da casca na solução, interferindo na leitura em espectrofotômetro UV-vis. Os resultados do biossorvente cinza de casca de arroz apresentaram-se positivos, uma vez que adsorveu o paracetamol em todas as faixas de pH testadas e o melhor desempenho foi sem ajuste de pH. A massa que mais adsorveu paracetamol foi a de 1,5 g em 50 mL de solução e o melhor tempo foi de 30 minutos. Os melhores valores de remoção foram entre 12 e 32%, demonstrando que a cinza da casca de arroz se apresenta como um material alternativo para adsorção de paracetamol em soluções aquosas.
PALAVRAS-CHAVE: Adsorção, Paracetamol, Casca de arroz, Cinza de casca de arroz.

PARACETAMOL REMOVAL USING RICE SHELL RESIDUES AS BIOSORBENT

ABSTRACT: The presence of drugs in the aquatic environment has adverse effects on public health and on ecosystems, even at low levels. The removal of these products in effluent treatment systems is not complete, which allows their accumulation in water bodies. There is a need to evaluate the long-term effects of drugs such as

paracetamol, an analgesic of global use, since its removal does not occur in conventional treatment systems. Adsorption is a process that holds promise for removing this type of contaminant. In this sense, this study evaluated the removal of paracetamol in aqueous solutions by the adsorption process using husk and rice husk ash. For the experiment, the best conditions for the biosorption of the contaminant were sought. The parameters adopted were: pH between 4 and 8, initial concentration of 20 $mg.L^{-1}$ of paracetamol, mass of biosorbent between 0.5 and 1.5 g and contact time between adsorbent and adsorbate up to 120 minutes. For the tests with rice husk it was not possible to evaluate an adsorption of paracetamol, as there was release of color of the husk in the solution, interfering with the reading on the UV-vis spectrophotometer. The results of the gray rice husk biosorbent were positive, since it adsorbed paracetamol in all tested pH ranges and the best performance for pH adjustment. The mass that most absorbed paracetamol was 1.5 g in 50 mL of solution and the best time was 30 minutes. The best removal values were between 12 and 32%, demonstrating that the rice husk ash presents itself as an alternative material for adsorption of paracetamol in aqueous solutions.
KEYWORDS: Adsorption, Paracetamol, Rice husk, Rice husk ash.

1 | INTRODUÇÃO

A contaminação dos ecossistemas aquáticos por fármacos, com capacidade de persistência ambiental e com alto grau de resistência aos processos de degradação natural, intensificou-se devido ao aumento da produção e do alto consumo. Além disso, há o impacto gerado pelo desenvolvimento de novas drogas e o aumento da expectativa de vida (RAD; HARIRIAN; DIVSAR, 2015; REINA et al., 2015; RHEINHEIMER, 2016). A necessidade da produção de fármacos é indiscutível, mas se faz necessário investigar os possíveis impactos ambientais e a consequente contaminação de ambientes aquáticos por esses produtos. Os fármacos são considerados como poluentes persistentes no ambiente, com alto grau de resistência aos processos de degradação natural (OLIVEIRA, 2016). Estes contaminantes são encontrados em águas de abastecimento público e em efluentes. A contaminação dos corpos hídricos ocorre após o lançamento do efluente tratado nos mananciais, uma vez que não há tratamento convencional com eficiência necessária para removê-los, desse modo, esses sistemas ineficientes comprometem o reuso sustentável da água. Até mesmo em baixas concentrações e com exposição contínua e crescente, os fármacos oferecem riscos à saúde, resultando em efeitos tóxicos e danos irreversíveis a vários níveis tróficos, porém pouco se sabe sobre o grau que pode afetar os organismos (AMÉRICO et al., 2013; COELHO, 2014). Entre os principais grupos de fármacos que podem gerar estes danos estão os analgésicos, antibióticos, antiepilépticos, antidepressivos, betabloqueadores e contraceptivos. Um deles, que possui elevada representação de toxicidade é o paracetamol (MONTAGNERA; VIDALA; ACAYABAB, 2017; OLIVEIRA, 2016).

A adsorção pode ser uma alternativa a ser utilizada no processo de remoção de paracetamol de ambiente aquático, uma vez que processos tradicionais não são suficientes

para garantir a qualidade da água (KIELING, 2016). Ela é um processo exotérmico de separação física e purificação, no qual o material adsorvido não é alterado quimicamente e ocorre adesão de moléculas do adsorvido ao adsorvente (PENHA et al., 2016). A capacidade de adsorção de um material é medida pela sua área superficial específica, tamanho e distribuição de poros, teor de cinzas, densidade e a natureza de grupos funcionais presentes em sua superfície. O comportamento do adsorbato é determinado por fatores fundamentais como hidrofobicidade, polaridade, dimensão da molécula, solubilidade em meio fluído e pH determinado pelo grupo funcional da amostra (KIELING, 2016; RAD; HARIRIAN; DIVSAR, 2015; REINA et al., 2015).

A possibilidade de utilização de novos adsorventes de origem vegetal, como por exemplo biomassa resultante das atividades agroindustriais, a partir de processos produtivos e de consumo, é uma alternativa sustentável. A biomassa residual de atividades agrícolas ainda é pouco aproveitada sendo muitas vezes descartada para decomposição natural gerando passivos ambientais como a geração de gás carbônico e metano, além de aumentar o potencial poluidor de solos e de água, que associado à disposição inadequada compromete, também, a saúde pública (BARBIERI, et al., 2013; BARBOSA, et al., 2014; NUNES, 2014; PENHA et al., 2016; SANTANA, et al., 2018). Ao inserir um resíduo, como material alternativo com baixo custo, dentro de uma cadeia produtiva, ele passa a ser um coproduto. Um fator determinante para o uso de resíduos sólidos como um coproduto é a necessidade da determinação correta do uso, com enfoque na sua viabilidade técnica, econômica e ambiental (BRAGA et al.,2005; DONATO; BARBOSA; BARBOSA, 2015).

O Brasil apresenta todas as condições necessárias para o processo natural de bioconversão para produção de biomassa, quer seja para fins energéticos, produção de alimentos e até mesmo para tratamento de efluentes (FERNANDES, et al., 2018). Uma biomassa abundante de atividade agrícola é a casca de arroz. A casca de arroz possui as características necessárias para ser inserida como matéria-prima na constituição de diversos materiais, em diferentes segmentos industriais (FONTOURA, 2015). Ela é formada por um revestimento ou capa protetora que se desenvolve durante o crescimento do grão, sendo de baixa densidade e elevado volume. Trata-se de um material fibroso, onde os maiores constituintes são celulose (50%), lignina (30%) e resíduos inorgânicos (20%). O resíduo inorgânico contém, em média, 95 a 98%, em massa, de sílica, na forma amorfa hidratada, perfazendo 13 a 29% do total da casca (POUEY, 2006). É comum ocorrer variação do percentual de sílica na casca de arroz, pois varia conforme: variedade da espécie, tipo de clima, condições do solo e localização geográfica. Eles influenciam diretamente nos percentuais de SiO_2, do material orgânico e água. Também há outros elementos constituintes como Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO e MnO_2, Alignina e a celulose. A casca de arroz corresponde a 20% da massa do grão (POUEY, 2006).

No processo de combustão da casca de arroz, a matéria orgânica (lignina e celulose) é perdida e cerca de 20% da casca é convertido em cinza. A cinza da casca de arroz (Figura

1) é o resultado do processo de combustão em caldeiras para geração de energia/vapor. Faz-se necessário a combinação de três variáveis no processo de combustão: tipo de equipamento utilizado (a céu aberto, fornalhas tipo grelha ou leito fluidizado); temperatura de queima e tempo de exposição durante o processo. A combinação destes elementos determina o tipo resultante de cinza (FONTOURA, 2015).

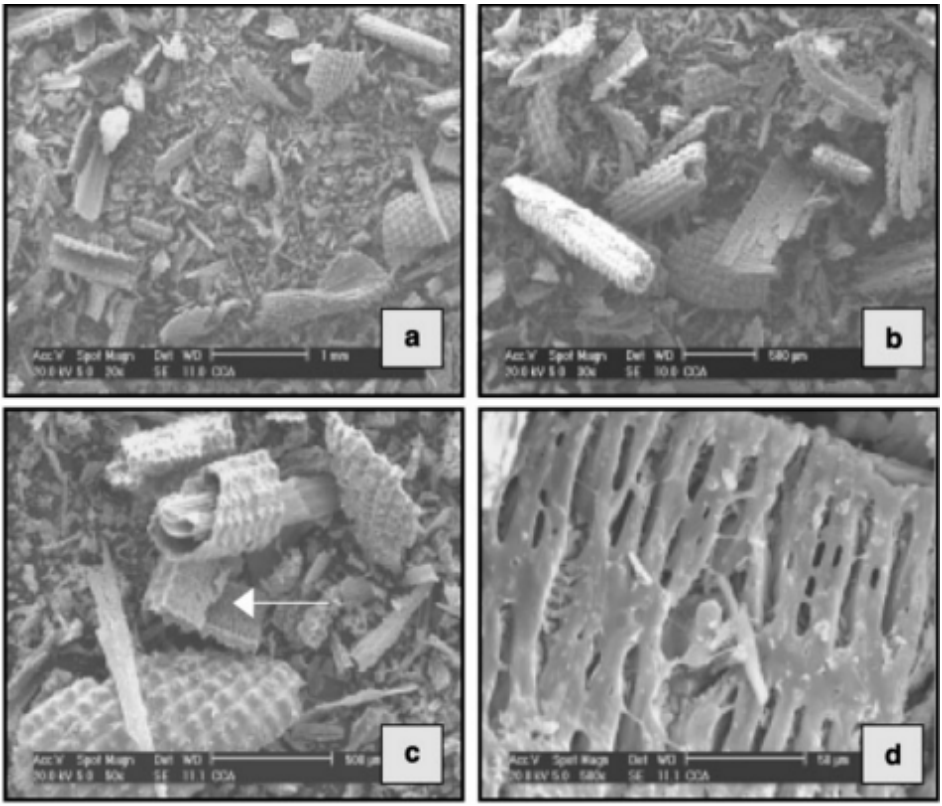


Figura 1: Características da cinza de casca de arroz, sendo: (a) distribuição granulométrica variada; (b) aspecto morfológico; (c) epidermes internas e externas em destaque; (d) estrutura da epiderme interna da cinza.

Fonte: Della; Kühn; Hotza (2001).

A cinza da casca de arroz possui uma estrutura celular porosa com grande quantidade de sílica, em torno de (85 a 95%). Nela há impurezas como óxido de potássio (K_2O) e óxido de sódio (Na_2O), que estão relacionados com o uso de fertilizantes em lavoura (CAMARGO, et al., 2018). A microporosidade e a cristalinidade da sílica da cinza da casca de arroz dependem dos parâmetros da combustão. Isto foi verificado pela observação de dois parâmetros aplicados: tempo (de 1 a 30 horas) e temperatura (de 300 a 900ºC). O aumento da temperatura acima de 870ºC e do tempo de combustão faz a sílica, existente

na cinza da casca de arroz, ser transformada em formas cristalinas, tais como cristobalite e tridimite, tornando-se perigosa para a saúde humana, principalmente no caso de inalação (POUEY, 2006; CAMARGO, et al., 2018).

A escolha da melhor opção a ser utilizada no processo de adsorção deve ser baseada nas características do adsorvente como seletividade, capacidade, compatibilidade, regenerabilidade e baixo custo (NASCIMENTO et al., 2014). A cinza da casca de arroz possui como características a insolubilidade em água, estabilidade química, alta resistência, baixo custo e uma estrutura granular e porosa, apresentando-se como um possível material adsorvente. Para se viabilizar o uso da cinza da casca de arroz como material adsorvente no processo de adsorção, há necessidade de se realizar a segregação granulométrica dos resíduos da fonte geradora. Separar a cinza da casca de arroz dos demais resíduos se faz necessário para que o processo de adsorção seja o mais eficiente possível (FERNANDES et al., 2015, FONTOURA, 2015; KIELING, 2016).

A cinza da casca de arroz, mesmo sem um pré-tratamento ou somente tratamento físico, apresenta propriedades que indicam seu uso como material adsorvente. Ela já foi utilizada, por exemplo, em soluções aquosas contaminadas com zinco (II), cromo (VI) e chumbo (II) com resultados de remoção superior a 90% (VASQUES, 2008). Algumas indústrias incorporam a cinza em uma etapa do processo produtivo. Outras utilizam a compostagem como destino para este resíduo agroindustrial, que apesar da redução da carga orgânica há formação de metano (CH_4). A maioria das indústrias não reaproveitam a casca e nem cinza da casca de arroz criando um passivo ambiental pela poluição que causam sendo descartada em aterro (CALHEIRO et al., 2016). Dentro deste contexto, este estudo avaliou a casca e a cinza da casca de arroz como biossorvente na remoção de paracetamol em efluentes sintéticos.

2 | METODOLOGIA

Os ensaios foram realizados em bancada de laboratório no Centro de Pesquisa em Produto e Desenvolvimento (CEPPED) da ULBRA e os parâmetros de processo e procedimentos metodológicos, para estudo de adsorção, estão de acordo com Oliveira (2013). As amostras dos adsorventes casca e cinza da casca de arroz utilizados neste experimento foram disponibilizados por uma cervejaria. A casca de arroz é utilizada como combustível para geração de vapor em três caldeiras de biomassa da cervejaria originando a cinza da casca de arroz. A cinza é abatida no sistema de filtros de manga e encaminhada para o silo de armazenamento, onde ela é comercializada posteriormente.

Os adsorventes foram colocados em estufa a 60˚C por 24 horas com a finalidade de remover a umidade e foram mantidos em dessecador até o momento dos ensaios. O estudo de adsorção foi realizado segundo a metodologia de Oliveira (2013).

A solução estoque (20 mg.L^{-1}) foi preparada pela dissolução de 20 mg de paracetamol p.a em água destilada utilizando um balão volumétrico de 1000 mL. As soluções com concentração menores foram preparadas por diluição. O método de leitura do paracetamol em espectrofotômetro UV-vis foi a varredura da solução obtendo-se maior absorbância em 242 nm. Os parâmetros analisados foram: pH, concentração do sólido variável e tempo de retenção.

2.1 Avaliação preliminar da eficiência de remoção dos biossorventes

Para avaliação preliminar da casca e da cinza da casca de arroz no processo de adsorção do fármaco foram realizados ensaios com solução sintética de paracetamol em meio aquoso. Para isso foi utilizado uma solução sintética de paracetamol com concentração de 20 mg.L^{-1}, massa de sólido adsorvente de 0,5 g em 50 mL de solução com tempo de contato de 2 horas a rotação constante em um agitador de Wagner. As leituras foram feitas no comprimento de onda 242 nm. O adsorvente utilizado foi aquele que apresentou maior remoção de paracetamol no ensaio preliminar.

2.2 Efeito do pH no processo de adsorção

Os ensaios foram realizados em batelada com solução sintética variando o pH em 4, 6 e 8 e testagem da casca e a cinza da casca de arroz como sólidos adsorventes. Nestes testes foram usados 0,5 g de sólido adsorvente em frascos do tipo Schott contendo 50 mL da solução aquosa com concentração de 20 mg.L^{-1} de paracetamol. O pH foi ajustado utilizando NaOH (0,1 N) ou HCl (0,1 N). Em agitador de Wagner, a agitação foi constante por um período de 2 horas. Após, os sólidos em suspensão foram filtrados e a amostra líquida analisada em espectofotômetro UV-vis. Esta metodologia foi usada para determinar o pH ótimo de adsorção para casca e a cinza da casca de arroz em solução aquosa. Com a finalidade de quantificar a remoção do poluente (R) após a adsorção dos sólidos, foi calculada a remoção de paracetamol da solução aquosa através da Equação 1.

$$R\ (\%) = \frac{ABS_i - ABS_f}{ABS_i}.\ 100 \qquad \textit{Equação 1}$$

ABS_i é a absorbância inicial da solução aquosa
ABS_f a absorbância final

2.3 Determinação da concentração do sólido adsorvente

Os testes foram realizados em diferentes concentrações dos resíduos selecionados variando entre 0,5, 1,0 e 1,5 g.L^{-1} em 50 mL de solução de paracetamol com concentração de 20 m.L^{-1}. Foi aplicado um tempo de retenção de 2 horas em um Agitador de Wagner, de forma constante. Após esta etapa os adsorventes em suspensão foram removidos por filtração e a solução foi analisada em espectofotômetro UV-vis.

2.4 Determinação do Tempo de Contato

Para determinar a influência do tempo de contato foram realizados ensaios com variação do tempo entre 15 a 120 minutos. Foi usado um volume de 50 mL de solução sintética de paracetamol 20 $m.L^{-1}$ agitada com 1,5 g de biossorvente. Após os sólidos suspensos foram filtrados e a solução analisada em equipamento de espectrofotometria UV-vis.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos ensaios de pH, concentração de sólido adsorvente e tempo de contato em solução sintética de paracetamol utilizando casca e cinza da casca de arroz como sólidos adsorventes demonstram as condições de processo em que foram obtidos resultados na remoção do poluente. No gráfico 1 visualiza-se a curva de calibração da concentração do paracetamol. O valor de R^2 foi de 0,95.

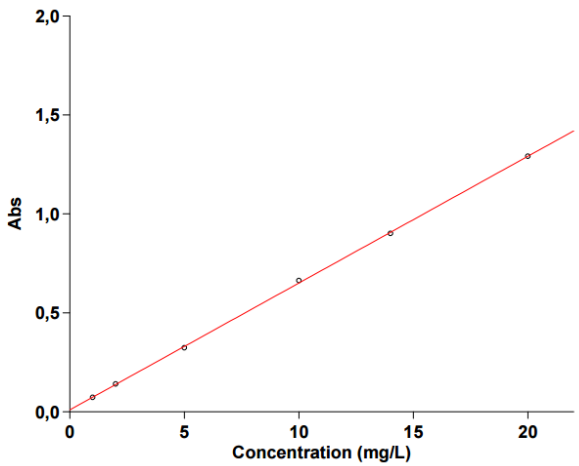


Gráfico 1. Curva de calibração do paracetamol.

3.1 Avaliação preliminar dos biossorventes

A casca e a cinza da casca de arroz foram testados a fim de identificar o melhor biossorvente para remoção de paracetamol em efluentes. Os dados apresentados são da cinza da casca de arroz, pois a casca de arroz liberou cor em contato com a solução, não sendo possível avaliar o seu potencial como biossorvente. Este fato impossibilitou a leitura em espectofotômetro UV-vis, uma vez que a cor interferiu no resultado. Em contrapartida, a cinza da casca de arroz apresentou eficiência de remoção de paracetamol. Esse dado corrobora com os resultados de Kieling (2016), onde a cinza da casca de arroz foi usada

como biossorvente para a remoção de benzeno, tolueno e xileno. No ensaio a concentração de remoção foi de 96,5 % para o benzeno e tolueno e de 98,7 % para o xileno.

3.2 Avaliação do efeito do pH

A eficiência de remoção com pH 4 foi de 8,0%, com pH 6 foi de 3,2% e com pH 8 foi de 6,0%. O ajuste de pH é uma etapa que acrescenta custos pela adição de produtos químicos e o pH da solução sem ajuste varia entre 7 e 8, optou-se por continuar os experimentos sem ajustar o pH das soluções. Pode ser observada a variação na absorbância final do paracetamol referente a eficiência da remoção de acordo com o pH. O pH mais baixo foi o mais eficiente na remoção.

De acordo com Cosmo, Ribeiro e Ribeiro (2011), a maior adsorção do paracetamol, quando utilizado o biossorvente quitosana, ocorreu no pH 1,5. Em experimento com carvão ativado e bagaço de dendê realizados por Rheinheimer (2016), a influência do pH na adsorção apresentou pouca variação entre pH ácido e neutro. A remoção foi de 65,87% com pH 2 e 64,85% com pH 6,5. Com o pH básico foi verificado uma menor remoção do paracetamol (44,12%). Este comportamento também foi registrado por Dutta et al. (2015), com uma remoção de 97% com pH 2 e 44% com pH 9, que está associado a competitividade de adsorção com íons OH-.

3.3 Avaliação da concentração de sólido adsorvente

A capacidade de adsorção com base na quantidade de sólido adsorvente em solução foi avaliada variando a quantidade aplicada. O gráfico 2 ilustra a remoção do paracetamol de forma gradual em relação à concentração de sólido sorvente. Foram avaliadas as massas do adsorvente nos valores de 0,5, 1,0 e 1,5 g em solução de 50 mL de concentração de 20mg/L.

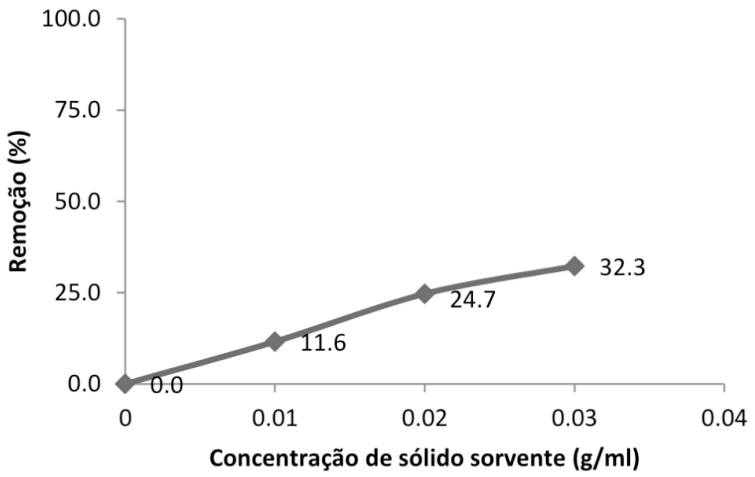


Gráfico 2. Remoção do paracetamol em relação à concentração de sólido adsorvente.

Percebe-se a redução gradativa da concentração no contaminante paracetamol à medida que aumenta a concentração do sólido adsorvente da cinza da casca de arroz, chegando ao limite de 32,3% de remoção. É provável que ao aumentar a concentração de massa do biossorvente, também aumenta a remoção do poluente devido a disponibilidade dos sítios disponíveis para adsorção (OLIVEIRA, 2013). Pelos dados apresentados no gráfico 3 reforça-se que a redução da concentração do paracetamol pode se dá em função da quantidade de sólido adsorvente utilizada.

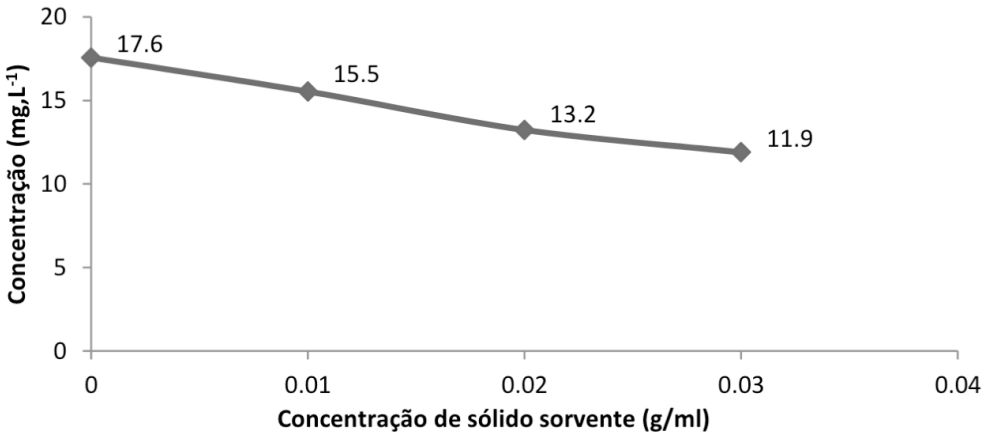


Gráfico 3. Remoção do paracetamol devido à concentração do sólido adsorvente.

A concentração de sólido adsorvente é um parâmetro de grande importância, sendo que ele determina a capacidade de cada adsorvente em remover uma determinada concentração inicial fixa de um contaminante (OLIVEIRA, 2013). No experimento realizado por Rheinheimer (2016) com carvão ativado, o comportamento da remoção de paracetamol exibe uma tendência de crescimento com o aumento da concentração do adsorvente e, após certo valor, atinge um patamar de estabilidade. Nas análises realizadas com diferentes concentrações, os percentuais de remoção com concentrações de adsorvente de 5, 7,5 e 10 $g.L^{-1}$ possuem valor F calculado (19,85) muito superior a F-crítico (9,55). Esta avaliação indica que, nestas faixas de concentração, a remoção obtida é influenciada de forma significativa pela quantidade de adsorvente presente na solução. Nos ensaios realizados identificou-se a capacidade da cinza da casca de arroz em realizar esta função de forma proporcional com a quantidade de sólido adsorvente aplicada.

De acordo com Kieling (2016), a utilização da cinza da casca de arroz como adsorvente para soluções contaminadas com benzeno, etilbenzeno, tolueno e xileno, foram próximas a 100% obtidas nas concentrações iniciais de 1 e 5 $mg.L^{-1}$. Para os valores de concentrações iniciais de 10 e 20 $mg.L^{-1}$, os percentuais de remoção também foram

elevados para etilbenzeno e xileno. O melhor desempenho do sólido sorvente foi alcançado nas amostras com concentração de massa de 20 $g.L^{-1}$. Nos ensaios realizados, o melhor resultado foi de 32,3% de remoção do paracetamol para massa de 0,03 $g.mL^{-1}$.

3.4 Avaliação do tempo de contato

Os ensaios referentes ao tempo de contato foram realizados entre 15 e 120 minutos com objetivo de determinar o melhor tempo de contato para adsorção do paracetamol em solução aquosa com cinza da casca de arroz. Foram utilizadas condições de processo pré-avaliadas sem ajustar o pH e a massa de sólido adsorvente de 1,5 g em 50 mL. No gráfico 4 é possível observar a remoção de paracetamol em função do tempo de contato.

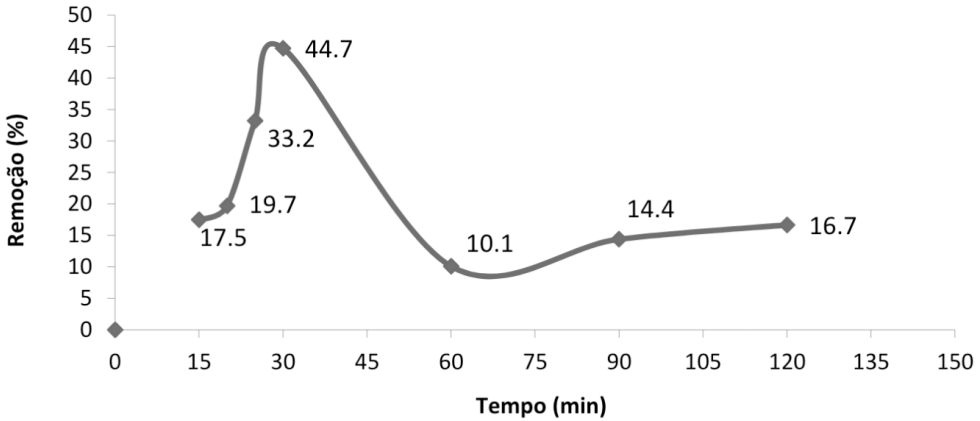


Gráfico 4. Remoção (%) do paracetamol em função do tempo de contato

A maior remoção de paracetamol foi obtida no tempo de contato de 30 minutos. No período de 20 a 30 minutos observa-se o pico de remoção do paracetamol em função do tempo. Após este intervalo ocorre uma queda acentuada na eficiência de remoção em relação ao tempo. Conforme Kieling (2016), este fenômeno ocorre devido os sítios ativos da superfície da cinza da casca de arroz, que no princípio apresentam disponibilidade total de adsorver os íons do paracetamol resultando um período de rápida adsorção. Após é possível que tenha ocorrido a dessorção do paracetamol do sólido adsorvente, por isso a diminuição da remoção. Segundo Rheinheimer (2016), o tempo de contato entre as fases é importante para o fenômeno da adsorção, uma vez que cada etapa poderá apresentar diferentes resistências e velocidades, dependendo das variáveis do sistema, que deverão ser vencidas para atingir o estado equilíbrio.

4 I CONCLUSÃO

As biomassas selecionadas e aplicadas neste estudo sobre a biossorção do paracetamol em meio aquoso foram a casca e a cinza da casa de arroz. Elas atenderam parcialmente as expectativas de suas aplicações na agroindústria. Isso se deve ao fato de a casca de arroz não apresentar as características de adsorção necessárias para seu uso na remoção do fármaco paracetamol. Este fato foi evidenciado no ensaio de pH, realizado na faixa de valores de 4 a 8, cujo objetivo foi de determinar o sólido adsorvente com a maior capacidade de remoção de paracetamol em solução aquosa. Esta análise foi determinante para verificar que o uso da casca de arroz não foi compatível com o experimento, pois o sólido liberou cor na solução aquosa. Em contrapartida a cinza da casca de arroz obteve resultado positivo quanto a sua aplicação na biossorção do contaminante paracetamol.

A avaliação dos melhores parâmetros para o processo de adsorção do paracetamol em sistema de batelada com agitação constante foram, pH 4, massa de cinza da casca de arroz de 1,5 g em 50 mL e tempo de contato de 30 minutos.

O resultado mais importante foi a identificação da possibilidade de uso da cinza da casca de arroz como biossorvente na remoção de paracetamol de meio aquoso. Vale ressaltar que esta alternativa é sustentável, pois é uma estratégia de aproveitamento de resíduos de baixo custo. A aplicação deste recurso no tratamento de efluentes contaminados por outras categorias de fármacos e/ou poluentes poderá apresentar resultados mais significativos na remediação de águas contaminadas. Este estudo comprovou que, do ponto de vista ambiental, econômico e social, reaproveitar os resíduos agrícolas, como por exemplo, a cinza da casca de arroz na função de biossorvente é possível.

REFERÊNCIAS

AMÉRICO, J. H. P.; TORRES, N. H.; AMÉRICO, G. H. P.; CARVALHO S. L. Ocorrência, destino e potenciais impactos dos fármacos no ambientes. **SaBios: Ver. Saúde e Biol**., v. 8, n.2, p. 59-72, 2013.

BARBIERI, L.; ANDREOLA, F.; LANCELLOTTI, I.; TAURINO, R. Management of agricultural biomass wastes: Preliminary study on characterization and valorization in clay matrix bricks. **Waste Management**, v.33, p. 2307–2315, 2013.

BARBOSA, C. S., SANTANA, S. A. A., BEZERRA, C. W. B., SILVA, H. A. dos S. Remoção de compostos fenólicos de soluções aquosas utilizando carvão ativado preparado a partir do aguapé (*Eichhornia crassipes*): estudo cinético e de equilíbrio termodinâmico. **Quím. Nova**, v. 37, n. 3, p. 447-453, 2014.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L. de; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável.** Pearson Prentice Hall, 2005, 318 p.

CALHEIRO, D.; FERNANDES, I. J.; KIELING, A. G.; MORAES, C. A. M.; KULAKOWSKI, M. P.; BREHM, F. A. Influência da segregação granulométrica e do emprego de aditivos de moagem na adequação de cinzas de casca de arroz como coproduto. **Matéria**, v. 21, n. 2, p. 270-281, 2016.

CAMARGO, A. F.; BRANDLER, D.; MODKOVSKI, T. A.; SCAPINI, T.; TREICHEL, H. Uma revisão sobre a influência dos processos de queima na composição da cinza da casca de arroz visando produção de sílica. **Revista CIATEC – UPF**, v.10, n. 2, pp.42-57, 2018.

COELHO, G. Uso de técnicas de Adsorção utilizando Resíduos Agroindustriais na remoção de contaminantes em águas. **Journal of Agronomic Sciences**, v.3, n. especial, p.291-317, 2014.

DELLA, V. P.; KÜHN, I.; HOTZA, D. Caracterização de cinza de casca de arroz para uso como matéria-prima na fabricação de refratários de sílica. **Quim. Nova**, v. 24, n. 6, p. 778-782, 2001.

DONATO, L. DE A.; BARBOSA, M. DE F. N.; BARBOSA, E. M. Reciclagem: o caminho para o desenvolvimento sustentável. **POLÊM!CA,** v. 15, n. 2, 2015, Disponível em: https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/ view/17838/13286. Acesso em: 10/11/2020.

FERNANDES, I. J.; SANTOS, E. C. A. DOS; OLIVEIRA, R.; REIS, J. M.; CALHEIRO, D.; MORAES, C. A. M.; MODOLO, R. C. E. Caracterização do resíduo industrial casca de arroz com vistas a sua utilização como biomassa. **6º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos**, São José dos Campos, SP, 2015.

FERNANDES, T. L.; SILVA, L. X. DA T.; PY-DANIEL, S. S.; LIMA, L. A.; LINCOLN P. DE O.; MÁRCIO, L. DA S.; GHESTI, G. F. Estudo Prospectivo sobre a Utilização de Biomassa na Produção de Biogás para Geração de Energia Descentralizada. **Cadernos de Prospecção**, v. 11, n. 3, p. 940-951, 2018.

FONTOURA, L. P. **Potencial Econômico e Aplicações da Casca de Arroz no Estado do Rio Grande do Sul**. TCC (Bacharel em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, RS, 57f, 2015.

KIELING, A. G. **Adsorção de BTEX – Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno – Em Cinza de Casca de Arroz e Carvão Ativado**. Tese (Doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS, 175 f, 2016.

MONTAGNERA, C.C.; VIDALA, C.; ACAYABAB, R.D. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas no Brasil: Cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Química Nova**, v. 40, n. 9, 1094-1110, 2017.

NASCIMENTO, R.F.do, LIMA, A.C.A., VIDAL, C.B., et al., **Adsorção: Aspectos teóricos e aplicações ambientais.** 1ª ed. Fortaleza, Imprensa Universitária. 2014.

NUNES, A dos S. **Produção de Adsorventes a partir de Casca de Amendoim Visando a Aplicação na Remoção de Corantes Orgânicos**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Vitória da Conquista, Bahia, 66 f., 2014.

OLIVEIRA, F. **Remoção de Paracetamol em solução aquosa via Processos Oxidativos Avançados (Fenton e Foto-Fenton).** Trabalho de diplomação em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2016.

OLIVEIRA, R. F. **Estudo de Adsorção de Cromo Hexavalente para Altas Concentrações. Dissertação** (Mestrado em Engenharia Química) Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, 80 f., 2013.

PENHA, R. S.; SANTOS, C. C.; CARDOSO, J. J. F.; SILVA, H. A. S.; SANTANA, S. A. A.; BEZERRA, C. W. B. Casca de Arroz Quimicamente Tratada como Adsorvente de Baixo Custo para a Remoção de Íons Metálicos (Co2+ and Ni2+). **Rev. Virtual Quim**., v. 8, n. 3, p. 588-604, 2016.

POUEY, M. T. F. **Beneficiamentos da Cinza de Casca de Arroz Residual com Vistas a Produção de Cimento Composto e/ou Pozolâmico.** Tese (doutorado) Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2006.

RAD, L. R., HARIRIAN, I.; DIVSAR, F. Comparison of adsorption and photo-Fenton processes for phenol and paracetamol removing from aqueous solutions: Single and binary systems. **Spectrochim Acta A**.; v. 136 B, n. 5, p. 423-428, 2015.

REINA, A. C.; SANTOS-JUANES, L.; GARCÍA SANCHEZ, J. L.; CASAS LÔPEZ, J. L.; MALDONADO RUBIO, M. I.; LI PUMA, G.; SANCHÉZ PEREZ, J. A. Modelling the photo-Fenton oxidation of the pharmaceutical paracetamol in water including the effect of photon absorption (VRPA). **Appl Catal B-Environ**., n.166-167: p. 295-301, 2015.

RHEINHEIMER, M. O. W. **Remoção de Paracetamol por Adsorção em Carvão Ativado: Processo em Batelada e Coluna de Leito Fixo**. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharel em Engenharia Química). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, 57 f., 2016.

SANTANA, G. M.; LELIS, R. C. C.; PAES, J. B.; MORAIS, R. DE M.; LOPES, C. R.; LIMA, C. R. de. Activated carbon from bamboo (*Bambusa vulgaris*) for methylene blue removal: prediction to the environment applications. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p.1179-1191, 2018.

VASQUES, A. **Caracterização e Aplicação de Adsorvente para Remoção de Corantes de Efluentes Têxteis em Batelada e Colunas de Leito Fixo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, 177 f., 2008

CAPÍTULO 11

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO REPELENTE NATURAL CONTENDO O ÓLEO ESSENCIAL DE ALECRIM (*Rosmarinus officinalis L.*)

Data de aceite: 03/05/2021
Data de submissão: 10/03/2021

Juliane Tormena Bresciani
Curso de Farmácia, Universidade Cesumar – UNICESUMAR
Maringá - Paraná
http://lattes.cnpq.br/6379072724461329

Ariana Ferrari
Docente do Programa de pós-graduação em Tecnologias limpas, Universidade Cesumar – UNICESUMAR
Maringá – Paraná
http://lattes.cnpq.br/1718769915904474

Daniele Fernanda Felipe
Docente do curso de Farmácia e do Programa de pós-graduação em Tecnologias limpas, Universidade Cesumar – UNICESUMAR
Maringá – Paraná
http://lattes.cnpq.br/6602186701933916

RESUMO: O número de doenças que são transmitidas por insetos como mosquitos crescem a cada ano, e com isso, mostra-se a importância dos repelentes como um método de controle. Os repelentes à base de plantas são alternativas que vem se mostrando eficazes, além de proporcionar maior segurança de uso e redução de danos ambientais. Um dos repelentes mais utilizados no mundo todo hoje, é um composto sintético conhecido como DEET, porém este pode causar algumas desvantagens para saúde e para o meio ambiente. Assim, novas substâncias com ação repelente têm sido estudadas, sendo uma delas o óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.). Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi desenvolver formulações repelentes contendo o óleo essencial de alecrim e avaliar sua estabilidade. Foram desenvolvidas duas formulações, uma na forma de creme e outra na forma de loção, nas quais se adicionou o óleo essencial de alecrim. As formulações desenvolvidas foram submetidas ao controle de qualidade e de estabilidade acelerada durante um período de 60 dias. As formulações apresentaram qualidade e estabilidade adequadas dentro do período de análise. Sendo assim, posteriormente as formulações poderão ser utilizadas em estudos clínicos, para comprovar a eficácia quanto à ação repelente do óleo essencial de alecrim e ser uma alternativa de repelente natural.

PALAVRAS-CHAVE: Repelente natural, Óleo Essencial, Alecrim.

DEVELOPMENT OF NATURAL REPELLENT PRODUCT CONTAINING ROSEMARY ESSENTIAL OIL (*Rosmarinus officinalis L.*)

ABSTRACT: The number of diseases that are transmitted by insects such as mosquitoes grows every year, and with that, it shows the importance of repellents as a method of control. Plant-based repellents are alternatives that have been shown to be effective, in addition to providing greater safety of use and reducing environmental damage. One of the most widely used repellents in the world today, it is a synthetic compound known as DEET, however this can cause some

disadvantages for health and the environment. Thus, new substances with repellent action have been studied, one of them the rosemary essential oil (*Rosmarinus officinalis* L.). Thus, the objective of this work was to develop repellent formulations containing rosemary essential oil and to evaluate stability of the formulations. Two formulations were developed, one in the form of cream and the other in the form of lotion, in which essential oil was added. The formulations developed were subjected to quality control and accelerated stability over a period of 60 days. The formulations presented adequate quality and stability within the analysis period. Therefore, the formulations may later be used in clinical studies to verify the efficacy of repellent action of the products and and be an alternative to a natural repellent.
KEYWORDS: Natural repellent, essential oil, rosemary.

1 | INTRODUÇÃO

Os insetos podem transmitir doenças graves e causar infecções (SOUZA, 2008). Dentre essas doenças, destaca-se as arborioses que são doenças oriundas dos arbovírus, vírus que possuem insetos como seus vetores como os vírus da dengue, zika vírus, a febre amarela e a febre chikungunya. Tais doenças impactam na saúde pública e ano após ano vem ceifando a vida de muitos brasileiros (DA SILVA MACIEL et al., 2020). Modificações do bioma natural por desmatamento, ocupação de terras, construção de cidades, ferrovias, estradas e barragens favorecem a transmissão de doenças veiculadas por insetos vetores (CAMPOS et al., 2018).

Uma forma de evitar o contato do ser humano com mosquitos e diminuir as doenças transmitidas por eles é o uso de repelentes (SILVA, 2014). Segundo Katz (2008), para que um repelente seja considerado bom ele deve apresentar algumas características, como: ter eficácia prolongada, ser resistente á água ou suor, não deve causar irritação à pele, não deve deixar a pela oleosa, ter um odor agradável, ser viável economicamente e ser atóxico.

No entanto, existe uma preocupação crescente com a potencial toxicidade para o meio ambiente causada pelo uso aleatório desses produtos. Um número crescente de evidências sugere que repelentes podem desencadear interações indesejáveis com sistemas biológicos com potencial para gerar efeitos prejudiciais, incluindo os metabólitos intermediários. A biotransformação seguida de bioacumulação (vice e versa) pode ser um fenômeno importante para a resposta tóxica desses produtos químicos, como por exemplo o composto repelente N,N-dietil-meta-toluamida (ROU; GOSWAMI;PAL, 2017).

O composto sintético mais utilizado em repelente de insetos é o N,N-dietil-meta-toluamida conhecido popularmente como DEET. Este vem sendo usado no mundo todo por mais de 40 anos, pois até então apresentou um perfil de segurança considerável. Entretanto, existem relatos sobre a sua toxicidade à pele, sistema nervoso e imune, que ocorre geralmente quando o produto é usado por longos períodos ou de forma incorreta. Além disso, o uso do mesmo pode causar também desconfortos em relação ao odor desagradável do produto e sensação de pele oleosa e pegajosa (PACHECO, 2013;

CHOOCHOTE et al., 2007). Quanto ao impacto ambiental, os repelentes contendo DEET são produtos passíveis de biotransformação e bioacumulação, podendo causar toxicidade para organismos não alvo (ROU; GOSWAMI; PAL, 2017). De acordo com Santos et al., (2019), este repelente é um dos contaminantes orgânicos comumente monitorados na água, uma vez que pode estar presente em águas ambientais.

Desta forma, os produtos repelentes contendo plantas são uma alternativa muito promissora quando comparados aos repelentes sintéticos, pois apresentam baixa toxicidade e menor dano ao meio ambiente (BEDINI et al., 2018). Atualmente, grande parte dos estudos em relação a novas substâncias repelentes envolvem óleos essenciais de plantas, principalmente por estes serem atóxicos, biodegradáveis, ter um preço mais acessível e uma ampla atividade contra diferentes espécies de mosquitos (SILVA, 2014). Segundo Corazza (2010), os óleos essenciais são substâncias complexas, de poder volátil e fragrância variável, provenientes de folhas, flores, talos, caule, haste, casca, raiz ou outros elementos, e produzidos por praticamente todas as plantas.

Estudos realizados por Bueno e Andrade (2010) avaliaram o grau de repelência de óleos essenciais de plantas como repelente para *Aedes albopictus*, e os resultados mostraram que os dois óleos essenciais com ação repelente expressiva foram os óleos de citronela e alecrim-de-cheiro (*Rosmarinus officinalis)*. Estudos realizados por Pacheco (2013) demonstraram que o óleo de melaleuca também tem ação repelente contra *Aedes aegypti.*

A planta *Rosmarinus officinalis*, conhecida popularmente como alecrim, é cultivada em países de clima temperado e é utilizada há muitos anos por suas qualidades aromáticas e medicinais (LADEIRAS, 2014). O óleo essencial de alecrim apresenta-se como um líquido incolor ou de cor levemente amarelo-esverdeado, de odor forte e sabor aromático, canforáceo e amargo. É comumente usado como tempero e flavorizante de alimentos, como fragrância e incorporados em produtos cutâneos na indústria cosmética por causa da complexidade de seus compostos, além da ação repelente (ASSIS, 2014; BUENO; ANDRADE, 2010).

Segundo estudos realizados por Silva (2014) os principais compostos ativos de plantas responsáveis por conferir repelência são o eucaliptol (1-8 cineol), β- cariofileno e α-humuleno. De acordo com Corazza (2010), dois dos compostos responsáveis por conferir ação repelente aos óleos essenciais (eucaliptol e β- cariofileno) estão presentes na composição do óleo essencial de alecrim-de-cheiro, o que favorece ainda mais a hipótese de que o mesmo tenha ação repelente significativa. Entretanto, sabe-se que as quantidades desses compostos na planta podem variar um pouco de acordo com o país em que a mesma é cultivada (ANGIONI et al., 2004).

Qualquer produto cosmético, de origem natural ou sintética, industrial ou manipulado, necessita de estudos que avaliem sua estabilidade e qualidade, antes destes serem liberados para uso do consumidor. O teste de estabilidade é necessário para garantir que a

qualidade e estabilidade do produto se estendam durante toda a vida útil, além de garantir que o produto será capaz de realizar a ação para a qual foi desenvolvido (LOURENÇO, 2015).

Devido ao crescente interesse por produtos de origem natural, e sabendo que a propriedade repelente de vários óleos essenciais têm sido testada e comprovada nos últimos anos, o desenvolvimento de um repelente que contenha óleo essencial de alecrim pode ser uma alternativa de um produto sustentável, sendo de origem natural, fácil acesso, baixo custo e com menor dano ambiental. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e observar a estabilidade de formulações repelentes desenvolvidas com o óleo essencial de alecrim.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada a aquisição do óleo essencial de alecrim, e das matérias-primas necessárias para a formulação do produto, que se apresenta na forma de creme e loção. Todos foram adquiridos de fornecedores qualificados para garantir a qualidade do produto. Após, foi manipulado a base do creme e a base da loção.

A base do creme é composta de duas fases, uma oleosa e uma aquosa. A fase oleosa será composta de: álcool cetoestearílico 30:70 (5%), monoestearato de glicerina (4%), álcool cetoestearílico 20 OE (2%), estearato de octila (4%), óleo mineral (4%) e propilparabeno (0,1%). A aquosa é composta de: propilenoglicol (4%), metilparabeno (0,1%), EDTA dissódico (0,1%) e água destilada em quantidade suficiente para completar o peso de 100 g. A base do creme foi preparada da seguinte maneira: em banho-maria, todos os componentes da fase oleosa foram aquecidos até 70 - 75°C, e todos os componentes da fase aquosa até 75 – 80°C. Quando ambas as fases atingiram a temperatura ideal, verteu-se lentamente a fase aquosa sobre a fase oleosa, sob agitação constante e vigorosa. Foi mantida a agitação, de forma mais lenta, até a mistura adquirir consistência de creme. Por fim, adicionou-se o óleo essencial de alecrim (2%) na base do creme.

A base da loção é composta pelas seguintes matérias-primas: BHT (0,03%), propilenoglicol (10%), tween 20 (3%) e álcool de cereais em quantidade suficiente para completar o volume de 100 mL. Para preparar a base da loção foi necessário primeiro dissolver o BHT no óleo essencial de alecrim (2%), e após adicionar o tween 20. Em seguida, adicionou-se o propilenoglicol, homogeneizou-se, e por último adicionou-se o álcool de cereais para completar o volume.

Depois, realizou-se o controle de qualidade dos produtos desenvolvidos. Os testes que realizados foram os de análise visual, verificação da cor, odor, consistência e pH. Para a determinação do pH do creme, a quantidade de 1 g da amostra foi diluída em 10 mL de água destilada e em seguida realizou-se a medida em pHmetro (Gehaka®), de forma a obter o pH característico da formulação. Para a loção, o procedimento foi o mesmo, porém não precisou diluir o produto já que o mesmo estava na forma líquida.

Em seguida, realizou-se o estudo de estabilidade acelerada dos produtos desenvolvidos, o qual foi feito dividindo cada produto, creme e loção, em três amostras de 30 g cada, que foram acondicionadas em frascos plásticos. Das três amostras de cada produto, uma armazenou-se sob refrigeração (5ºC), outra amostra em temperatura ambiente e outra em estufa (40ºC), durante 90 dias, sendo avaliadas quanto aos testes citados no controle de qualidade, nos tempos zero, 24 horas e após 7,15, 30 e 60 dias. Os resultados obtidos nos testes realizados foram tabulados e analisados.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A base do creme repelente desenvolvido foi composto por álcool cetoestearílico que tem função de emulsificante ou doador de consistência, e o monoestearato de glicerina que apresenta também a função de emulsificante. O óleo mineral e o estearato de octila apresentam a capacidade de serem hidratante. O propilenoglicol foi utilizado como umectante. Enquanto o metilparabeno e o propilparabeno foram utilizados como conservantes microbiológicos. O EDTA é um agente quelante que forma complexos com metais, impedindo assim que esses metais promovam instabilidade ao produto (FERREIRA, 2010).

A base da loção repelente teve como matéria-prima o BHT que tem uma ação antioxidante e impede a degradação de substâncias. O propilenoglicol foi usado como umectante. O tween 20 apresenta função de tensoativo e o álcool de cereais é o veículo. (GARCIA; GERMANO; OSTI, 2009).

No controle de qualidade das formulações foram avaliadas as características quanto à cor, odor, consistência e pH, no tempo zero, as quais estão descritas na tabela 1.

Formulação	Cor	Odor	Consistência	pH
Creme	Branca	Característico	Elevada	4,97
Loção	Levemente turvo	Característico	Líquido	5,29

Tabela 1. Controle de qualidade das formulações no tempo zero.

O odor característico do óleo essencial prevaleceu nas duas formulações, devido ao forte aroma do alecrim. A cor branca e a elevada consistência encontrada no produto em forma de creme são características consideradas normais, pois são comuns dessa forma farmacêutica. A coloração levemente turva inicialmente verificada no produto em forma de loção, pode ser devido ao fato do óleo essencial de alecrim ser um composto lipossolúvel que tende a não se misturar com o álcool de cereais que é um composto hidrossolúvel. O tween foi utilizado para diminuir a tensão superficial entre essas partículas hidrossolúveis e lipossolúveis, e permitir que elas se misturem, sendo que a mistura só foi adequada após

60 dias, tempo no qual a loção se tornou transparente. A quantidade de tween poderia ser aumentada até o valor de 5%, para verificar se a mistura ficaria homogênea desde o início da manipulação (FERREIRA, 2010).

O valores de pH de uma formulação, é um dos fatores mais importantes a ser levado em consideração, visto que, alterações nos valores de pH podem influenciar na ação da formulação, ou na sua aceitação pelo organismo. Como demonstrado na Tabela 1, os valores de pH do creme a da loção estiveram entre 4,5 e 5,5 no tempo zero, sendo considerado um pH levemente ácido e de boa aceitação na pele, uma vez que, os valores ideais de pH para pele estão entre 4 e 7 (FARIA, 2012).

No estudo da estabilidade acelerada, foi possível observar, a partir dos resultados das tabelas 2 e 3 que os produtos na forma de creme e loção não apresentaram alterações nas características de cor, odor e consistência. Em relação aos valores de pH das amostras, estes subiram durante os primeiros 30 dias e depois se estabilizaram, com exceção da amostra do creme que estava na estufa à 40ºC que apresentou aumento contínuo do pH, durante os 60 dias. No entanto, todas as amostras mantiveram o pH dentro dos valores aceitáveis para pele, de acordo com Lourenço e Lyra (2015).

Formulação	Cor	Odor	Consistência	pH
Creme 1	Branca	Característico	Elevada	5,88
Creme 2	Branca	Característico	Elevada	6,16
Creme 3	Branca	Característico	Elevada	5,71
Loção 1	Transparente	Característico	Líquido	5,98
Loção 2	Transparente	Característico	Líquido	6,07
Loção 3	Transparente	Característico	Líquido	5,95

Creme 1 (armazenado à 5ºC); Creme 2 (armazenado à 40ºC); Creme 3 (armazenado à temperatura ambiente); Loção 1 (armazenada à 5ºC);Loção 2 (armazenado à 40ºC); Loção 3 (armazenada à temperatura ambiente);

TABELA 2. Estudo da estabilidade acelerada das formulações no tempo de 30 dias.

Formulação	Cor	Odor	Consistência	pH
Creme 1	Branca	Característico	Elevada	5,87
Creme 2	Branca	Característico	Elevada	6,26
Creme 3	Branca	Característico	Elevada	5,72
Loção 1	Transparente	Característico	Líquido	5,96
Loção 2	Transparente	Característico	Líquido	6,10
Loção 3	Transparente	Característico	Líquido	5,95

Creme 1 (armazenado à 5ºC); Creme 2 (armazenado à 40ºC); Creme 3 (armazenado à temperatura ambiente); Loção 1 (armazenada à 5ºC);Loção 2 (armazenado à 40ºC); Loção 3 (armazenada à temperatura ambiente);

TABELA 3. Estudo da estabilidade acelerada das formulações no tempo de 60 dias.

O pH ideal e a não alteração das características de cor, odor e consistência das formulação, aumenta as possibilidades de uma boa aceitação do produto pelo consumidor e o alcance da ação repelente desejada, uma vez que, mudanças no pH e nas características poderiam indicar que houve reações de oxidação ou contaminação microbiológica no produto, prejudicando assim sua ação (DOURADO, 2015).

O estudo da estabilidade é capaz de demonstrar o comportamento de um produto frente as mais variadas condições que o mesmo pode ser exposto, desde o momento da fabricação até sua validade. Logo, os testes de estabilidade acelerada baseiam-se em submeter às amostras às condições que levam ao envelhecimento acelerado da formulação, para que se possa estimar o perfil de estabilidade do produto e então, garantir a segurança e eficácia do mesmo (AQUINO, 2013).

Diversos fatores podem afetar a estabilidade do produto. Estas alterações, que podem levar a perca de estabilidade, podem ser de origem extrínseca, que são aquelas causadas por fatores externos como luz, temperatura, umidade, microrganismos, etc., ou podem ser de origem intrínseca, a qual esta ligada a natureza da formulação, como por exemplo, interação entre os ingredientes da formulação ou com o material de acondicionamento da formulação (ISAAC, 2008).

4 I CONCLUSÃO

As formulações desenvolvidas na forma de creme e loção contendo óleo essencial de alecrim, apresentaram qualidade e estabilidade adequada. Os produtos não sofreram alterações significativas durante o período de análise e se mantiveram adequados para o uso. Além disso, é um produto com menor impacto ambiental em relação aos repelentes tópicos sintéticos, uma vez que apresenta um óleo essencial como repelente. Posteriormente, segundo os resultados obtidos nesse período de análise, as formulações poderão ser utilizadas em estudos clínicos, para comprovar a eficácia quanto à ação repelente do óleo essencial de alecrim e ser uma alternativa de repelente natural.

REFERÊNCIAS

ASSIS, G. B. **Desenvolvimento e caracterização de microemulsões contendo óleo essencial de alecrim - *Rosmarinus officinalis* Linn. (LAMIACEAE).** 2014. 51f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Farmácia) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Campina Grande – PB, 2014.

AQUINO, J. S. Avaliação da estabilidade acelerada de diferentes formulações contendo vitamina C. **Revista Saúde e Pesquisa**, Maringá, v. 7, n. 1, p. 119-128, jan./abr. 2014.

ANGIONI, A.; BARRA, A.; CERETI, E.; BARILE, D.; COISSON, J.D.; ARLORIO, M.; DESSI, S.; CORONEO, V.; CABRAS, P. Chemical composition, plant genetic diferences, antimicrobial and antifungal activity investigation of the essential oil of *Rosmarinus officinalis* L. **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** v. 52, n.11, p. 3530 – 3535, 2004.

BEDINI, S. ET AL. BEDINI, S., FLAMINI, G., ASCRIZZI, R., VENTURI, F., FERRONI, G., BADER, A., CONTI, B. Essential oils sensory quality and their bioactivity against the mosquito Aedes albopictus. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2018.

BUENO, V.S.; ANDRADE, C.F.S. Avaliação preliminar de óleos essenciais de plantas como repelente para *Aedes albopictus* (Skuse, 1894) (Diptera: Culicidae). **Revista brasileira de plantas medicinais**, v. 12, n. 2, p. 215-219**,** 2010.

CORAZZA, S**. Aromacologia: uma ciência de muitos cheiros**. 3ª ed. rev. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2010.

CAMPOS, F. I., CAMPOS, D. M. B., VITAL, A. V., PAIXÃO, T. F. P. Meio ambiente, Desenvolvimento e expansão de doenças transmitidas por vetores. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 7, n. 2, p. 49-63, 2018.

CHOOCHOTE, W.; CHAITHONG, U.; KAMSUK, K.; JITPAKDI, A.; TIPPAWANGKOSOL, B.; TUETUN, B.; CHAMPAKAEW, B. Repellent activity of selected essential oils against *Aedes aegypti.* **Fitoterapia**. v. 78, n. 5, p. 359 – 364, 2007.

DA SILVA MACIEL, C., DOS SANTOS ARAÚJO, A. B., DOS SANTOS, D. F. C., DE MORAES SANTOS, E., DA SILVA, R. F. Controle das Arboviroses com plantas repelentes e Conscientização na Educação Infantil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 85205-85212, 2020.

DOURADO, D.; BARRETO, C.; FERNANDES, R.S.; BLANCO, I.M.R.; OLIVEIRA, D.; PEREIRA, N.; LEITE, M.F. Development and evaluation of emulsifying systems of the material grease from Brazilian flora. **Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research,** v. 3, n. 5, p. 130-140, 2016.

FARIA, A.B.; PERES, D.D.; VLADI, T.M.K.; CONSIGLIERI, O.; VELASCO, M.V.R. ; BABY, A.R. Desenvolvimento e avaliação de produtos cosméticos para a higiene capilar contendo tensoativos "não-sulfatados". **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada,** São Paulo, v. 33, n. 4, p. 521-527, 2012.

FERREIRA, A.D.O. **Guia prático da farmácia magistral.** 4ª Ed. Pharmabooks Editora. São Paulo, 2010.

GARCIA, C. C; GERMANO, C; OSTI, N.M. Desenvolvimento e avaliação da estabilidade físico química de formulações de sabonete líquido íntimo acrescidas de óleo de melaleuca. **Revista Brasileira de Farmácia**, v.3 n. 90. P. 236-240, 2009.

ISAAC, V.L.B.; CEFALI L.C.; CHIARI, B.G.; OLIVEIRA, C.C.L.G.; SALGADO H.R.N.; CORRÊA, M.A. Protocolo para ensaios físico-químicos de estabilidade de fitocosméticos. ". **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada,** São Paulo, v. 29, n.1, p. 81-96, 2008.

KATZ, T.M.; MILLER, J.H.; HEBERT, A.A. Insect repellents: historical perspectives and new developments**. Journal of the American Academy Dermatology**. v. 58, n. 5, p. 865-871, 2008.

LADEIRAS, D.F.B. **Estudo dos compostos bioactivos e actividades biológicas do alecrim (*Rosmarinus officinalis L.*).** 2014. 59f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Departamento Ciências da Saúde, Lisboa, 2014.

LOURENÇO, E.A.D; LYRA M.A.M.M. Desenvolvimento e estudo de estabilidade de Xampu Anticaspa a base de Piritionato de Zinco 2%. **Revista Eletrônica,** Recife, v. 1, n. 1, 2015.

PACHECO, C.D.N. **Desenvolvimento e caracterização de sistemas nanoestruturados bioadesivos com óleo de melaleuca (*Melaleuca alternifolia)* e estudos da ação repelente frente a *Aedes aegypti.*** 2013. 42f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Farmácia-bioquímica) – Universidade Estadual Paulista "Julio De Mesquita Filho", Araraquara, 2013.

ROY, Dijendra Nath; GOSWAMI, Ritobrata; PAL, Ayantika. The insect repellents: A silent environmental chemical toxicant to the health. **Environmental toxicology and pharmacology**, v. 50, p. 91-102, 2017.

SANTOS, Erika Campos et al. Santos, E. C., Nunes, E. S., Bulhões, T. S., Souza, K. M. D., Santiago, M. F. Degradação do repelente DEET pelas lacases do *Pleurotus ostreatus*. **Revista de Divulgação Científica Sena Aires**, v. 8, n. 2, p. 160-169, 2019.

SILVA, F.B.R. **Avaliação dos componentes de óleos essenciais 1,8-cineol, β-cariofileno e α-humuleno como possíveis repelentes para A*edes (Stegomyia) aegypti* (Diptera: Culicidae).** 2014. 28f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia-bioquímica) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara, Araraquara/SP, 2014.

SOUZA, V.M.; JÚNIOR, D.A. **Ativos dermatológicos, volume 5: guia de ativos dermatológicos utilizados na farmácia de manipulação para médicos e farmacêuticos.** Volume 5. São Paulo: Pharmabooks Editora, 2008.

CAPÍTULO 12

ÓLEOS ESSENCIAIS, UMA ALTERNATIVA AO USO DOS INSETICIDAS NA AGRICULTURA: BREVE REVISÃO

Data de aceite: 03/05/2021
Data de submissão: 02/02/2021

Glaucilane dos Santos Cruz
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia
Recife-PE
http://lattes.cnpq.br/3795270436231657

Ismaela Maria Ferreira de Melo
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal
Recife-PE
Orcid: 0000-0002-4150-1923

Carolina Arruda Guedes
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia
Recife-PE
http://lattes.cnpq.br/6013290951230793

Valéria Wanderley Teixeira
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal
Recife-PE
Orcid: 0000-0001-9533-5476

Álvaro Aguiar Coelho Teixeira
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal
Recife-PE
Orcid: 0000-0001-5940-9220

Maria Clara da Nobrega Ferreira
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia
Recife-PE
http://lattes.cnpq.br/6415809873371718

Kamilla de Andrade Dutra
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Química Fundamental
Recife-PE
http://lattes.cnpq.br/3294355182774941

Daniela Maria do Amaral Ferraz Navarro
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Química Fundamental
Recife-PE
http://lattes.cnpq.br/6866049887225410

Camila Santos Teixeira
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia
Recife-PE
Orcid: 0000-0001-8733-9020

Jose Vargas de Oliveira
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia
Recife-PE
http://lattes.cnpq.br/9629938973645015

Catiane Oliveira Souza
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia
Recife-PE
http://lattes.cnpq.br/5156282820589894

RESUMO: Muitas táticas de controle podem ser empregadas no manejo de insetos-praga, porém o uso de agrotóxicos é ainda o mais utilizado, por propiciar resultados mais imediatos. Mesmo com uma efetividade já comprovada, a utilização dessas substâncias de forma desordenada pode acarretar efeitos adversos nos insetos e na produção agrícola. Assim, métodos alternativos ao controle químico que possuam efetividade no controle dos insetos-praga vêm sendo estudados, a exemplo dos óleos essenciais. Sendo assim, este trabalho teve por objetivo elaborar uma revisão de literatura demonstrando a utilização e ação dos óleos essências na agricultura e sua eficiência em relação aos inseticidas. Para isso foi realizada uma revisão de literatura entre os meses de janeiro e fevereiro de 2021, no qual foram coletados dados a partir de estudos acadêmicos já existentes, artigos em jornais de grande circulação e boletins de empresas e agências públicas. Os artigos científicos foram selecionados através do banco de dados do Scielo, Google acadêmico, Science direct e Pubmed. A busca nos bancos de dados foi realizada utilizando as terminologias utilizadas pelos descritores em ciências ambientais em português e inglês. Com isso concluímos que a utilização dos óleos essenciais é extremamente promissor para o aumento e preservação da fauna e produção agrícola.
PALAVRAS-CHAVE: Agricultura, Insetos, Óleos essenciais, Praga.

ESSENTIAL OILS, AN ALTERNATIVE TO THE USE OF INSECTICIDES IN AGRICULTURE: BRIEF REVIEW

ABSTRACT: Many control tactics can be used in the management of insect pests, however the use of pesticides is still the most used, as it provides more immediate results. Even with an already proven effectiveness, the use of these substances in a disordered way can cause adverse effects on insects and agricultural production. Thus, alternative methods to chemical control that are effective in controlling pest insects have been studied, such as essential oils. Therefore, this work aimed to elaborate a literature review demonstrating the use and action of essential oils in agriculture and its efficiency in relation to insecticides. To this end, a literature review was carried out between January and February 2021, in which data were collected from existing academic studies, articles in widely circulated newspapers and newsletters from companies and public agencies. Scientific articles were selected through the Scielo database, Google scholar, Science direct and Pubmed. The search in the databases was carried out using the terminologies used by the environmental science descriptors in Portuguese and English. Thus, we conclude that the use of essential oils is extremely promising for the increase and preservation of fauna and agricultural production.
KEYWORDS: Agriculture, Insects, Essencial Oils, Prague.

1 I MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa constitui-se de uma revisão de literatura realizada entre os meses de janeiro e fevereiro de 2021, no qual foram coletados dados a partir de estudos acadêmicos já existentes, artigos em jornais de grande circulação e boletins de empresas e agências públicas. Os artigos científicos foram selecionados através do banco de dados do Scielo, Google acadêmico, Science direct e Pubmed. A busca nos bancos de dados foi realizada

utilizando as terminologias utilizadas pelos descritores em ciências ambientais em português e inglês.

2 | INTRODUÇÃO

Muitas táticas de controle podem ser empregadas no manejo de insetos-praga, porém o uso de agrotóxicos é ainda o mais utilizado, por propiciar resultados mais imediatos. Inseticidas com os mais variados modos de ação são comercializados e muitas vezes utilizados de forma desordenada. Sabe-se que muitos deles possuem ação neurotóxica, regulam a metamorfose, alteram a fisiologia alimentar e outros processos fisiológicos dos insetos, como na redução da capacidade reprodutiva, interferindo na sua sobrevivência e estabelecimento nas culturas. Outro fato já comprovado é o dano celular, provocando a apoptose (BENZIDANE *et al.,* 2011, BOTTON *et al.,* 2013).

Mesmo com uma efetividade já comprovada, a utilização dessas substâncias de forma desordenada pode acarretar efeitos adversos nos insetos, como a seleção de populações resistentes, devido à pressão de seleção, aumento dos custos de produção das culturas e contaminação ambiental decorrente da baixa degrabilidade dessas substâncias. Assim, métodos alternativos ao controle químico que possuam efetividade no controle dos insetos-praga vêm sendo estudados, a exemplo dos óleos essenciais. Muitas dessas substâncias têm sido consideradas eficazes no controle de insetos-pragas, sendo, inclusive, comercializadas (SANTOS, 2014; SILVA-MATOS *et al.,* 2014). Sendo assim, este trabalho teve por objetivo elaborar uma revisão de literatura demonstrando a utilização e ação dos óleos essências na agricultura e sua eficiência em relação aos inseticidas trazendo uma melhor compreensão dos seus efeitos e a possibilidade de sua utilização de forma mais direcionada.

3 | ÓLEOS ESSENCIAIS

A busca por compostos bioativos oriundos de plantas vem crescendo nos últimos anos. A literatura relata nos últimos 25 anos à descrição de centenas de metabólitos secundários de plantas provenientes de espécies pertencentes às mais diversas famílias botânicas (REGNAULT-ROGER *et al.* 2012). Esses metabólitos secundários dão origem a uma série de substâncias conhecidas como alcalóides, flavonoides, cumarinas, saponinas, taninos, entre outros. Com isso, as plantas têm sido uma importante fonte de compostos secundários, conhecidas como óleos essenciais, com diferentes estruturas químicas e com diversas atividades contra insetos (CARVALHO, 2004).

Na atualidade, os óleos essenciais obtidos de plantas, são vistos como um modelo para a síntese de agrotóxicos mais eficientes, menos tóxicos e menos persistentes no meio ambiente bem como um auxilio na compreensão da complexa interação entre os

seres vivos no ecossistema, fato este que torna de fundamental importância o estudo mais apurado da atividade inseticida desses óleos (ISMAN 2000, LIMA *et al.,* 2003).

O Brasil ocupa uma posição de destaque no que se refere à biodiversidade de plantas, com mais de 55.000 espécies catalogadas, de um total de 350.000 a 550.000, e isso tem sido um incentivo à pesquisa de novas técnicas e métodos alternativos para o controle de pragas. Através de pesquisas, são conhecidos cerca de 3.000 óleos essenciais, dos quais, 300 são comercialmente importantes (BAKKALI *et al*., 2008).

A composição química dos óleos essenciais é determinada basicamente por dois fatores: o método de extração e a biossíntese das moléculas constituintes das plantas. Esses óleos são misturas complexas, que podem conter 100 ou mais compostos orgânicos. Seus constituintes podem pertencer às mais diversas classes de compostos, porém os terpenos e os fenilpropenos são as classes de compostos mais comumente encontradas. Os terpenos são compostos através da justaposição sucessiva de unidades de cinco carbonos, denominadas isopentenilpirofosfato (IPP) (TAIZ & ZEIGER 1998, WINKEL-SHIRLEY, 2001).

O IPP é derivado do ácido mevalônico ou mevalonato e dá origem a todos os outros terpenos. Os encontrados com maior frequência nos óleos essenciais são os monoterpenos e sesquiterpenos, bem como os diterpenos, constituintes minoritários. Um exemplo de terpeno comumente encontrado é o limoneno, presente em muitas plantas e com atividade já comprovada em diversos insetos. Os monoterpenos, sesquiterpenos, fenilpropanóides, entre outros, que podem ocasionar alterações nas funções bioquímicas e fisiológicas dos insetos (BOUVIER *et al.,* 2003).

Outros compostos encontrados nos óleos essenciais são os compostos fenólicos, formados por via do ácido chiquímico e mevalônico, sendo este último menos importante. Quimicamente falando os compostos fenólicos são substâncias que possuem pelo menos um anel aromático no qual ao menos um hidrogênio é substituído por um grupamento hidroxila. Um típico exemplo de composto fenólico é o tanino que possui ação deterrente, na maioria dos casos. Outro composto encontrado são os alcaloides. Estes são compostos orgânicos cíclicos, formados por via do ácido chiquímico, que possuem pelo menos um átomo de nitrogênio no seu anel. Estes compostos atuam no sistema nervoso de diversos organismos, sendo muitas vezes utilizado como veneno e alucinógenos, a exemplo da tubocurarina, utilizada por índios na bacia amazônica (VANDAR-UNLU *et al.,* 2003, MELLO *et al.,* 2014).

4 I ÓLEOS ESSENCIAIS E SUA ATIVIDADE INSETICIDA

Na maioria dos casos a atividade biológica e inseticida dos óleos essenciais deve-se a interação do conjunto de substâncias que os compõem. E esta composição química depende de diversos fatores ambientais, período de colheita, técnica de extração,

sazonalidade, fatores genéticos entre outros, portanto, tudo isso deve ser levados em consideração quando se trabalha com óleos essenciais (CASTRO *et al.* 2006, CRUZ *et al.* 2014).

A maioria dos trabalhos não informam os componentes majoritários e minoritários presentes nos óleos essenciais, deixando uma lacuna quanto à propriedade de cada composto. Para a identificação dessas substâncias, a cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas é um dos métodos mais indicado. Basicamente é uma técnica para separação e análise de misturas de substâncias voláteis. Este processo permite a identificação desses compostos, bem como sua utilização de forma isolada (OKUNADE, 2002).

Muitos óleos essenciais não possuem apenas atividade inseticida, mais também microbiana. Segundo Carriconde *et al.* (1996), esta atividade deve-se principalmente a presença de terpenos, presente em grande parte dos óleos. Ainda, segundo Lima & Cardoso (2007), os terpenos não restringem sua atividade apenas contra bactérias, mais também contra fungos e protozoários, agindo possivelmente na desorganização da estrutura de sua membrana. Já Velluti *et al.* (2003) sugeriram que a atividade antimicrobiana desses óleos pode estar relacionada com as ligações de hidrogênio que estes podem realizar, caso possua em sua estrutura um anel aromático com um ou mais grupos hidroxilas, possivelmente interagindo com os sítios ativos das enzimas microbianas.

Uma das vantagens da utilização dos óleos essenciais no controle de pragas, quando comparado à utilização de inseticidas sintéticos é que sua obtenção advém de recursos renováveis. Sabe-se que o desenvolvimento destes compostos requer tempo e também um estudo sistematizado que preencha requisitos tais como, seletividade contra inimigos naturais, baixa toxicidade em mamíferos, biodegradabilidade e ausência de fitotoxicidade, fácil obtenção, manipulação e aplicação, rentabilidade, além dos requisitos econômicos para que sua produção em alta escala seja viável (VIEIRA *et al.* 2004).

Vale a ressalva que a toxicidade dos óleos essenciais em insetos não está necessariamente associada à sua morte, pois outros fatores podem estar relacionados, como a repelência, deterrência e antibiose. Esta diversidade de atuação deve-se à gama de substâncias químicas encontradas em sua composição. A administração dessas substâncias pode ser feita por fumigação, como ocorre em muitos insetos de grãos armazenados, por ingestão e absorção pelo tegumento, a exemplo de lepidópteros, coleópteros entre outros insetos-praga (LIMA & CARDOSO 2007, COLPO *et al.,* 2014, MELLO *et al.,* 2014).

5 | ÓLEOS ESSENCIAIS E APOPTOSE

Os insetos são frenquentemente expostos a uma gama de produtos químicos. Em muitos casos, estes produtos são inseticidas que compreendem um conjunto de compostos destinados a repelir ou matar insetos e outros organismos considerados pragas, contudo,

esta ação não está restrita apenas a morte ou repelência. Efeitos subletais diversos ocorrem pela ação desses produtos, incluindo, a apoptose celular (TURRENS, 2003).

Em insetos, a apoptose está relacionada com a reorganização tecidual que ocorre durante a metamorfose ou com a involução natural de algum órgão na fase adulta (GREGORC *et al.,* 2004). Sendo associada também a agentes estressores ambientais, como os inseticidas (BUYUKGUZEL & KALENDER 2009, JAMES & XU, 2012).

Muitas pesquisas mostram essas alterações provocadas pelos inseticidas sintéticos (ASLANTURK *et al.,* 2011). Soares (2012) estudou os efeitos do inseticida imidacloprido em abelhas *Scaptotrigona postiça* (Hymenoptera: Apidae). Este inseticida é agonista da acetilcolina e age nos receptores nicotínicos de acetilcolina dos insetos provocando, deficiência na aprendizagem e na formação de memória. Após aplicação tópica e ingestão de doses letais e subletais foi observado seus efeitos citotóxicos sobre os corpos pedunculados, o ventrículo e os túbulos de Malpighi. Dilatação dos espaços intercelulares, marcação significativa de caspase-3 e alterações celulares como condensação da cromatina, degeneração mitocondrial, presença de corpos picnóticos, rompimento celular, foram detectados, indicando o processo de apoptose. É interessante ressaltar que essas alterações foram encontradas em órgãos ligados a metabolização e excreção indicando uma tentativa de inativação desse composto tóxico.

Apesar do crescente interesse pelo estudo da apoptose como resultante da utilização de inseticidas sintéticos, não existe relato de pesquisas que demonstrem esse efeito nos insetos, através da utilização de óleos essenciais. Estudos que correlacionam óleos essenciais e apoptose estão voltados para ação desses compostos em células tumorais em vertebrados, evidenciando a participação de vias apoptoticas nos efeitos tóxicos contra essas células produzidos por alguns óleos como, por exemplo, o óleo de *Cymbopogon flexuosus* (Cyperales: Poaceae) em células cancerígenas do tipo HL60, apresentando uma ação antineoplásica (MARQUES *et al.,* 2009, SHARMA *et al.,* 2009).

6 | CONCLUSÃO

Desta forma concluímos que mesmo com o aumento das pesquisas com óleos essenciais, poucos trabalhos respondem ao questionamento de qual, dentre as substâncias que compõem os óleos, atua precisamente como inseticida e se esta ação ocorre em associação ou de forma isolada. Mesmo assim, os resultados obtidos até agora demonstram que esse produto é extremamente promissor para o aumento e preservação da produção agrícola.

REFERÊNCIAS

ASLANTURK, A.; KALENDER, S.; UZUNHISARCIKLI, M.; KALENDER, Y. Effects of methidathion on antioxidant enzyme activities and malondialdehyde level in midgut tissues of *Lymantria dispar* (Lepidoptera) larvae. **Journal of the Entomological Research Society**, v. 13, p. 27-38, 2011.

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils – A review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446-475, 2008.

BENZIDANE, Y.; LAPIED, B; Steven, H.; THANY. Neonicotinoid insecticides imidacloprid and clothianidin affect differently neural Kenyon cell death in the cockroach Periplaneta Americana. **Pesticide Biochemistry Physiology**, v. 101, n. 3, p.-191-197, 2011.

BOTTON, M.; BERNARDI, D.; EFROM, C.; BARONIO, C. A. Eficiência de inseticidas no controle de *Eurhizococcus brasiliensis* (Hemiptera: Margarodidae) na cultura da videira. **BioAssay,** v. 8, n. 5, p. 1-6, 2013.

BOUVIER, F.; DOGBO, O.; CAMARA, B. Biosynthesis of the food and cosmetic plant pigment bixin (Annatto). **Science,** v. 300, n. 5628, p. 2089-2091, 2003.

BUYUKGUZEL, E.; KALENDER, Y. Exposure streptomycin alters oxidative and antioxidative response in larval midgut tissues of *Galleria mellonella.* **Pesticide. Biochemistry and Physiology**, v. 94, n. 2-3, p. 112-118, 2009.

CARRICONDE, C.; MORES, D.; VON FRITSCHEN, M.; CARDOZO JÚNIOR, E. L.. Plantas medicinais e alimentícias. **Olinda: Centro Nordestino de Medicina Popular**(Universidade Federal Rural de Pernambuco), v. 1, p. 45-47, 1996.

CARVALHO, G. S.; SILVA, L. S.; SILVA, L. B.; BRUNO, M. L. S. A.; ETTORE, P.; PERES, T. L. P. Mortalidade e comprometimento do desenvolvimento de *Zabrotes subfasciatus* Boh. (Coleoptera: Chrysomelidae), induzido pelo extrato de sangra d'água *Croton urucurana* Baill (Euphorbiaceae). **Comunicata Scientiae**,v. 5, n. 3, p. 331-338, 2014.

CASTRO, D. P.; CARDOSO, M. G.; MORAES, J. C.; SANTOS, N. M.; BALIZA, D. P. Não preferência de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) por óleos essenciais de *Achillea millefolium* L. e *Thymus vulgarius* L. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 8, n. 4, p. 27–32, 2006.

COLPO, J. F.; JAHNKE, S. M.; FÜLLER, T. Potencial inseticida de óleos de origem vegetal sobre *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.16, p. 182-188, 2014.

CRUZ, G.S.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; OLIVEIRA, J. V.; CORREIA, A. A.; BREDA, M. O.; ALVES, T. J. S.; CUNHA, F. M.; TEIXEIRA, A. A. C.; DUTRA, K. A.; NAVARRO, D. M. A. F. Bioactivity of *Piper hispidinervum* (Piperales: Piperaceae) and *Syzygium aromaticum* (Myrtales: Myrtaceae) olis, with or without formulated Bta on the biology and immunology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v.107, n. 1, p. 144-153, 2014

GREGORC, A.; POGACNIK, A.; BOWEN, I. D. Cell death in honeybee (*Apis mellifera*) larvae treated with oxalic or formic acid. **Apidologie** v. 35, p. 453–460, 2004.

ISMAN, M. B. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop Protection**, v. 19, n. 8-10, p. 603-608, 2000.

JAMES, R. R.; XU, j. Mechanisms by which pesticides affect insect immunity. **Journal of Invertebrate Pathology**. v. 109, p. 175-182, 2012.

LIMA, H. R. P.; KAPLAN, M. A. C.; CRUZ, A. V. M. Influência dos fatores abióticos na produção e variabilidade de terpenóides em plantas. **Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 71-77, 2003.

LIMA, R. K.; CARDOSO, M. G. Familia Lamiaceae: Importantes óleos essenciais com ação biológica e antioxidante. **Revista Fitos Eletrônica**, v. 3, p. 14-24, 2007.

MARQUES, C. A.; LEITÃO, G. G.; BIZZO, H. R.; PEIXOTO, A. L.; VIEIRA, R. C. Anatomia e análise de óleo essencial das folhas de *Hennecartia omphalandra* J. Poisson (Monimiaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.19, p. 95-105, 2009.

MELLO, M. B.; BOTREL, P. P.; TEIXEIRA, I. R. V.; FIGUEIREDO, F. C.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V. Atividade inseticida do óleo essencial de *Hyptis marrubioides* no controle de *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae). **Revista Agroambiental**, v. 6, p. 79-86, 2014.

MELLO, M. B.; BOTREL, P. P.; TEIXEIRA, I. R. V.; FIGUEIREDO, F. C.;. PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V. Atividade inseticida do óleo essencial de *Hyptis marrubioides* no controle de *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae). **Revista Agroambiental**, v. 6, p. 79-86, 2014.

OKUNADE, A. D. *Ageratum conyzoides* L. (Asteraceae). **Fitoterapia,** v. 73, p. 1-16, 2002.

REGNAULT-ROGER, C.; VINCENT, C.; ARNASON, J. T. Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes World. **Annu. Rev. Entomol**. v. 57: p. 405-424, 2012.

SANTOS, C. M. Toxidade dos agrotóxicos usados na lavoura de soja na cidade de catalão-GO, e seus impactos no ambiente – um estudo de caso. Novos Direitos – **RAICJ**, v. 1, p. 58-76, 2014.

SHARMA, C. S.; NEMA, R. K.; SHARMA, V. K. Synthesis, anticonvulsant activity and insilico study of some novel amino acids incorporated bicyclo compounds. **Stamford Journal of. Pharmaceutical Sciences**, v. 2, p. 42-47, 2009.

SILVA-MATOS, R. R. S.; LOPES, P. R. C.; SOUZA, G. M. M.; OLIVEIRA, I. V. M.; OLIVEIRA, J. E. M. Rationalization of pesticides by in integrated production in mango submedium valley of San Francisco. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, p. 372-379, 2014.

SOARES, H. M. **Avaliação dos efeitos do inseticida Imidacloprido para abelhas sem ferrão *Scapitotrigona postica* Latreille**, 1807 (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). Dissertação de Mestrado, UNESP, Rio Claro, 88p, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant physiology. **California, Publishing Co**, p. 559, 1998.

TURRENS, J. F. Mitochondrial formation of reactive oxygen species. **The Journal of Physiology**, v. 55, p. 335–344, 2003.

VARDAR-ÜNLÜ, G.; CANDAN, F.; SÖKMEN, A.; DAFERERA, D.; POLISSIOU, M.; SÖKMEN, M.; DÖNMEZ, E.; TEPE, B. Antimicrobial and antioxidant activity of essential oil and metanol extract of *Tymus pectinatus* Fish. et Mey. var. *pectinatus* (Lamiaceae). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 1, p. 63-67, 2003.

VELUTTI, A.; SANCHIS, V.; RAMOS, A. J.; EGIDO, J.; MARÍN, S. Inhibitory effect of cinnamon, clove. lemongrass, oregano and palmarose essential oils on growth and fumonisin B1 production by Fusarium proliferatum in maize grain. **International Journal of Food Microbiology**, v. 89, p.145-154, 2003.

VIEIRA, P.C., J.B. FERNANDES & C.C. Andrei. 2004. Plantas inseticidas, p. 120, In C.M.O Simões, E.P. SCHENKEL, G. GOSMANN, J.C.P. MELLO, L.A. MENTZ & P.R. PETROVICK (eds.), **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre, UFSC, 1102 p.

WINKEL-SHIRLEY, B. Flavonoid biosynthesis. A colorful model for genetics, biochemistry, cell biology, and biotechnology. **Plant Physiology**, v. 126, p. 485-493, 2001.

CAPÍTULO 13

EFEITOS SUBLETAIS DOS ÓLEOS ESSENCIAIS E DE SEUS COMPOSTOS NA NUTRIÇÃO E REPRODUÇÃO EM INSETOS

Data de aceite: 03/05/2021

Glaucilane dos Santos Cruz
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia
Recife-PE
Orcid: 0000-0001-6012-1945

Valeria Wanderley Teixeira
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal
Recife-PE
Orcid: 0000-0001-9533-5476

Álvaro Aguiar Coelho Teixeira
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal
Recife-PE
Orcid: 0000-0001-5940-9220

José Vargas de Oliveira
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia
Recife-PE
Orcid: 0000-0001-6976-6504

Ismaela Maria Ferreira de Melo
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal
Recife-PE
Orcid: 0000-0002-4150-1923

Maria Clara da Nobrega Ferreira
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia
Recife-PE
http://lattes.cnpq.br/6415809873371718

Carolina Arruda Guedes
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia
Recife-PE
http://lattes.cnpq.br/6013290951230793

Kamilla de Andrade Dutra
Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Química Fundamental
Recife-PE
Orcid: 0000-0002-8789-4603

Daniela Maria do Amaral Ferraz Navarro
Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Química Fundamental
Recife-PE
Orcid: 0000-0003-0158-7221

Catiane Oliveira Souza
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia
Recife-PE
http://lattes.cnpq.br/5156282820589894

RESUMO: Os óleos essenciais são resultantes do metabolismo secundário das plantas. Sua ação inseticida vem sendo amplamente estudada e deve-se a variabilidade química das substancias que o compõem. Entender a ação inseticida de uma substância vai além do fator mortalidade, pois diversos efeitos subletais ao longo do ciclo de vida do organismo podem

ocorrer reduzindo ou impossibilitando o seu *fitness* reprodutivo, o que por consequência, compromete seu estabelecimento na cultura, visto que a principal estratégia de sobrevivência dos insetos é a capacidade de gerar descendentes. Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo demonstrar os efeitos subletais dos óleos e seus compostos na biologia, nutrição e reprodução de insetos praga indispensáveis a sua sobrevivência. Para isso, foi feita uma revisão de literatura realizada entre os meses de Dezembro de 2020 a fevereiro de 2021, no qual foram coletados dados a partir de estudos acadêmicos já existentes, artigos em jornais de grande circulação e boletins de empresas e agências públicas. Os artigos científicos foram selecionados através do banco de dados do Scielo, Google Acadêmico, Science Direct e Pubmed. Assim, concluímos que as diversas pesquisas cujo foco é entender as alterações biológicas e fisiológicas dessas substâncias são fundamentais para uma melhor elucidação e utilização dos óleos e seus compostos dentro da cultura e com isso desenvolver posteriormente inseticidas mais eficazes e seguros ambientalmente.
PALAVRAS-CHAVE: Aspectos biológicos, Bioquímica, Compostos, Óleos essenciais.

EFFECT OF ESSENTIAL OILS AND THEIR MAJOR ON NUTRITION AND REPRODUCTION IN INSECTS

ABSTRACT: The essentials are essential to the secondary metabolism of plants. Its insecticidal action has been studied and is due to the chemical variability of the substances that compose it. Understanding the insecticidal action of a substance goes beyond the mortality factor, since several sublethal effects throughout the life cycle of the organism can occur or impede its reproductive fitness, which, consequently, compromises its establishment in culture, since the main strategy production of insects is the ability to generate offspring. In view of the above, this study aimed to demonstrate the sublethal effects of oils and their compounds on the biology, nutrition and reproduction of insect pests that are indispensable to their priority. For this, a literature review was carried out between December 2020 and February 2021, in which data were collected from existing academic studies, articles in widely circulated newspapers and newsletters from companies and public agencies. Scientific articles were selected through the Scielo database, Google Scholar, Science Direct and Pubmed. Thus, we conclude that the various researches whose focus is felt as biological and physiological changes of these substances are fundamental for a better elucidation and use of oils and their compounds within the culture and, with that, later develop more effective and environmentally safe insecticides.
KEYWORDS: Biological aspects, Biochemistry, compounds, Essencial oils.

1 I MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa constitui-se de uma revisão de literatura realizada entre os meses de Dezembro de 2020 a Fevereiro de 2021, no qual foram coletados dados a partir de estudos acadêmicos já existentes, artigos em jornais de grande circulação e boletins de empresas e agências públicas. Os artigos científicos foram selecionados através do banco de dados do Scielo, Google acadêmico, Science Direct e Pubmed. A busca nos bancos de dados foi

realizada utilizando as terminologias utilizadas pelos descritores em ciências agronômicas em português e inglês, além disso, os artigos foram limitados aos anos de 1985 a 2020.

2 | INTRODUÇÃO

Pesquisas que envolvem a utilização de óleos essenciais e seus compostos no controle de insetos praga têm ganhado destaque devido a suas propriedades toxicológicas. Este interesse exponencial deve-se a características como baixo risco e contaminação ambiental; baixa toxicidade aos mamíferos; maior biodegradabilidade; maior variabilidade química o que dificulta ou protela o surgimento de resistência; sinergismo entre os diversos compostos, potencializando a ação; lipofilicidade, que auxilia em uma maior penetração na cutícula dos insetos através do rompimento da bicamada lipídica. (KIM *et al.,* 2003; MADBOULY *et al.,* 2015, CRUZ *et al.,* 2017).

Esses óleos são derivados do metabolismo secundário das plantas e podem agir por fumigação, ingestão e contato. Sua toxicidade se da pela sua constituição química, na qual apresenta uma mistura complexa de compostos voláteis, contendo hidrocarbonetos terpênicos, aldeídos, álcoois, cetonas, éteres, fenóis, entre outros (SIMÕES & SPITZA, 2004).

Esses compostos pertencem a dois grupos químicos distintos, os terpenos, sintetizados a partir das rotas metabólicas do metileritritol fosfato e da rota do ácido mevalônico, e os fenilpropanoides a partir da rota do ácido chiquímico. Os terpenos podem ser classificados em monoterpenos, monoterpenos oxigenados, sequiterpenos e sesquiterpenos oxigenados, sendo ainda atribuída a essas substancias grande parte da atividade inseticida dos óleos (TAIZ & ZEIGER, 2006; BERNARDS, 2010; TAK *et al*., 2016). E quando em contato com os insetos podem atuar de forma distinta nos diferentes sistemas, possibilitando a obtenção de várias respostas biológicas (ISMAN, 2000; RATTAN, 2010; REGNAULT-ROGER *et al.,* 2012; CRUZ *et al*., 2017).

Sua extração se da a partir de diferentes métodos, como hidrodestilação e destilação por arraste de vapor (REGANULT-ROGER *et al.,* 2012); sendo a análise dos constituintes dos óleos essenciais feita a partir de técnicas de cromatografia gasosa (CG) e cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), que quantifica e identifica a mistura dos componentes (BROCHINI & LAGO, 2007; ADAMS, 2009; RUBIOLO, *et al.,* 2010).

Pesquisas direcionadas a possíveis alterações na biologia, nutrição e reprodução dos insetos são de fundamental importância para uma melhor elucidação do modo de ação desses compostos, possibilitando uma utilização mais direcionada dessas substâncias. Uma vez que esses parâmetros podem estar diretamente relacionados, pois muitos compostos ocasionam por deterrência ou ação direta no metabolismo, uma redução na absorção ou dificuldade de metabolização de nutrientes, ocasionando efeitos negativos no ciclo biológico e reprodutivo dos insetos-praga, uma vez que o sucesso biológico e

reprodutivo está atrelado a uma aquisição nutritiva nos estágios imaturos (GULLAN& CRANSTON, 2012; CRUZ *et al.,* 2016; CRUZ *et al.,* 2017).

3 I ÓLEOS ESSENCIAIS E COMPOSTOS NA NUTRIÇÃO DE INSETOS

Todo ser vivo precisa de nutrientes para concluir seu ciclo biológico. Está aquisição é feitaatravés de uma alimentação balanceada, considerando a qualidade e quantidade de nutrientes ingeridos, tendo influência positiva ou não na suabiologia. Os insetos necessitam de aminoácidos, vitaminas, sais minerais, carboidratos, lipídeos e esteróis de formabalanceada, pois a quantidade e qualidade dos alimentos consumidos no desenvolvimento larval interferem na taxa de crescimento, tempo de desenvolvimento, peso do corpo, sobrevivência, fecundidade, longevidade, entreoutros (GULLAN& CRANSTON, 2012; CRUZ *et al.,* 2017).

Alterações no metabolismo nutricional dos insetos é um dos muitos efeitos ocasionados por óleos essenciais e seus compostos (YAZDANI *et al*., 2013). Essas alterações agem na fisiologia desses organismos, pela interferência na aquisição e/ou metabolização de nutrientes como proteínas, lipídios e carboidratos. Como consequência da redução no quantitativo nutricional, vários parâmetros biológicos são afetados. Esses parâmetros variam desde redução no peso, alterações nos tempos dos instares, até um decréscimo da capacidade reprodutiva (MILANO *et al.,* 2010; CRUZ *et al.,* 2016).

Estudos realizados por SILVA *et al.,* (2016a), com lagartas de 3º ínstar de *Spodopterafrugiperda*, praga chave da cultura do milho,submetida ao óleo essencial de citronela (*Cymbopogonwinterianus*) demostraram que a ingestão dessa substância ocasionou uma redução no quantitativo de lipídios, proteínas e carboidratos neutros nas gônadas dos insetos, afetando, por consequência, a reprodução. CRUZ *et al.,* (2017), submeteu *a* mesma praga aos compostos limoneno, trans-anethol e a associação de ambos e obteveram resultados semelhantes, observando que as alterações nutricionais afetaram o *fitness* reprodutivo deste inseto.

Esses resultados indicam que a adequada aquisição nutricional é imprescindível ao desenvolvimento dos insetos e os óleos podem interferir de forma direta na aquisição nutricional ou indireta, a exemplo dosfenilpropanoides, classe de compostos, que promovem a deterrência alimentar em insetos, reduzindo, por consequência, o alimento ingerido (HARMATHA & NAWROT 2002).

Dentro dos macronutrientes, as proteínas participam da estrutura do tegumento, da síntese de hormônio e enzimas, fornecem aminoácidos envolvidos em muitos processos como morfogênese, crescimento, produção de ovos e esclerotização cuticular, além de atuarem como neurotransmissores (KUNKEL & NORDIN 1985;KLOWDEN, 2007). De acordo com SENTHILKUMAR *et al.,* (2009) a redução de proteínas deve-se provavelmente a interferência ocasionada pelos óleos nos hormônios que regulam a síntese proteica.

SILVA *et al.,* (2016b) realizaram estudos com óleo de *Piper corcovadensis* (Miq.) C. DC em larvas de *Ae. Aegypti*. Os resultados mostraram que o terpinoleno e o 1-butil-3,4-metilenodioxibenzeno, compostos encontrados no óleo, foram capazes de interferir na atividade de proteases presentes no intestino de larvas L4.

Já os lipídeos são importantes reservas de energia para diversas atividades como tolerância a baixas temperaturas, metamorfose, voo prolongado, produção de ovos e longevidade, além de atuarem na composição de membranas celulares (CANAVOSO *et al.* 2001; BRETAS, 2016). Quase toda gordura nos insetos está estocada no corpo gorduroso em células chamadas trofócitos com cerca de 90% em forma de triglicerídeo (GULLAN & CRANSTON, 2012; ARRESE & SOULAGES, 2010).

BHARANI & NAMASIVAYAN (2017) perceberam uma redução no quantitativo de lipídio como consequência de alterações nas enzimas intestinais lipase de *S. litoralis* após tratamento com extratos vegetais de *Punica granatum* L. Os lipídios são essenciais pois servem como reserva energética, atuam como hormônio e evitam a perda de água pela cutícula.

Os carboidratos são importantes fontes energéticas, podendo ser convertidos em lipídios e participar da síntese de aminoácidos. O glicogênio é outro carboidrato armazenado no corpo gorduroso, e também pode ser encontrado nos músculos, intestino e outros tecidos (OLIVEIRA & CRUZ-LADIM, 2003; GILLOTT, 2005; KLOWDEN, 2007; CHAPMAN, 2013).

O dissacarídeo trealose é outra fonte importante de carboidrato, podendo ser convertido em glicose quando necessário e mobilizado para região de interesse (GULLAN & CRANSTON, 2012; YAMADA *et al.,* 2018). Os sesquiterpenos, classe de compostos presente em grande parte dos óleos essenciais, atuam bloqueando os estimuladores de glicose e sacarose em lagartas de Lepidoptera (GERSHENZON & DUDAREVA, 2007).

Todas essas alterações nutricionais ocasionadas pelos óleos essenciais e seus compostos refletem negativamente na história de vida dos insetos e comprometem seu estabelecimento no ambiente (CRUZ *et al.,* 2017).

4 I ÓLEOS ESSENCIAIS E COMPOSTOS NA REPRODUÇÃO DE INSETOS

O aparelho reprodutor feminino consiste em um par de ovários, formados por ovaríolos unidos por um filamento terminal na extremidade superior, ligando o aparelho reprodutor ao corpo do inseto. Enquanto que, na extremidade inferior, os pedicelos dos ovaríolos se unem ao oviduto lateral, e este, se liga ao oviduto comum que se abre na câmara genital, denominada vagina, sendo ligada ao exterior pela vulva (CHAPMAN,2013). Nos ovaríolos ocorre o processo de oogênese, produção do óvulo maduro, apto para a fecundação (BUNING, 1994).

Já o aparelho reprodutor masculino dos insetos é constituído, geralmente, por um par de testículos, que se ligam aos vasos deferentes a partir dos vasos eferentes. Uma porção do ducto deferente dilate-se formado uma vesícula seminal que se liga ao ducto

ejaculador (KLOWDEN, 2007). Em cada testículo encontram-se os folículos testiculares, onde ocorre à espermatogênese, que é o processo de formação dos espermatozoides. Os folículos testiculares são formados por quatro regiões distintas: o germário, constituído por células germinativas primordiais; zona de crescimento, localizada após o germário com numerosos cistos de espermatogônias; zona de divisão e redução, constituída por espermatócitos primários e secundários e a zona de transformação onde se encontram espermátides em diferentes estágios de desenvolvimento e espermatozóides agrupados em feixes (CHAPMAN, 2013).

Diversos efeitos podem ser observados ao se estudar a correlação entre a utilização de óleos essenciais e seus compostos no sistema reprodutivo dos insetos, a saber: mudanças histológicas e histoquímicas nas gônadas; alterações no desenvolvimento, postura e viabilidade larval; redução da copula; entre outros (BIRAH *et al.,* 2010; CRUZ *et al*. 2015; GUEDES *et al.,* 2020).

Essas alterações, pode modular o estabelecimento da população da praga dentro da cultura pois uma das principais estratégias de sobrevivência dos insetos é a reprodução (ISMAN, 2000; LIMA *et al.,* 2010; GODOY & NAKANO 2011; CRUZ *et al.,* 2014).

Segundo SILVA *et al.,* (2013) alterações na oviposição e reprodução são efeitos desejáveis no manejo desses organismos dentro da cultura, por mantê-lo em níveis aceitáveis, sem ocasionar efeitos indesejáveis ao ambiente, adequando-se assim aos conceitos do manejo integrado de pragas –MIP.

BIRAH *et al*., (2010), observaram uma redução nos parâmetros reprodutivos de *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae), sendo esta ação atribuída ao safrol, componente majoritário do óleo de pimenta longa. Os autores sugerem que o safrol teve uma ação semelhante ao hormônio juvenil.

Estudos realizados por SILVA *et al.* (2009) sobre os efeitos de diversos óleos na reprodução de *Euborellia annulipes* (Lucas) (Dermaptera: Anisolabididae) demonstraram que o óleo essencial de erva doce e de fumo apresentaram uma ação inibidora de oviposição, interferindo no funcionamento do sistema reprodutor deste inseto. O percentual de ovos/postura foi de 9,50% e 18,30%, respectivamente, em relação à testemunha que obteve 44% ovos/postura.

ALVES *et al.,* (2014), mostraram que o óleo essencial de pimenta longa (Piper hispidinervum C. DC.) afetou de forma negativa a espermatogênese, bem como, provocou alterações na histoquímica dos ovaríolos de *Spodoptera*

frugiperda (JE Smith). CRUZ *et al.,* (2015) relataram alterações na histologia e histoquímica das gônadas de *S. frugiperda*, resultando na redução da oviposição quando utilizado o óleo essencial de cravo da Índia [*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry]. A redução da oviposição de *S. frugiperda*, também foi observada para os óleos essenciais de Eucalyptus staigeriana F., Ocimum gratissimum L., e Foeniculum vulgare Mill (Cruz et al. 2016).

Já GUEDES *et al.* (2020) ao estudarem o efeito do óleo de *Piper marginatum* e do composto Geraniol no desenvolvimento embrionário de *S. frugiperda* por meio de microscopia de luz e microscopia eletrônica de varredura observou que essas substancias alteraram a morfologia dos ovos, modificando a estrutura do córion, tornando-os inviáveis.

5 I CONCLUSÃO

Diante do exposto é possível afirmar que óleos essenciais e seus compostos podem interferir na aquisição de nutrientes de forma direta ou indireta, seja estimulando um efeito deterrente ou interferindo na aquisição e/ou metabolização nutricional. Estas alterações por sua vez promovem efeitos negativos em parâmetros reprodutivos, ocasionando uma redução populacional do inseto, tornando a utilização de óleos e seus compostos no controle de pragas um método promissor. Vale salientar que suas vantagens não se resumem apenas a mortalidade imediata ou a diversos efeitos na nutrição, reprodução e muitos outros parâmetros. Biodegradabilidade, menor toxicidade a organismos não alvos, maior lipofilicidade e variedade química também são características que tornam a sua utilização um método interessante.

REFERÊNCIAS

ALVES, T.J.S.; CRUZ, G.S.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; TEIXEIRA, A.A.C.; OLIVEIRA, J.V.; CORREIA, A.A.; CÂMARA, C.A.G.; CUNHA, F.M. Effects of *Piper hispidinervum* on spermatogenesis and histochemistry of ovarioles of *Spodoptera frugiperda*. **Biotechnic. & Histochemistry**, V.88, n.1, p.1-11, 2014.

ARRESE, E.L.; SOULAGES, J.L. Insect Fat Body: Energy, Metabolism, and Regulation. **Annual Review Entomology**, v. 55, n.2, p. 207-225, 2010.

Bernards, M.A. Plant natural products: a primer. **Canadian Journal of Zoolology,** v. 88, n.3, p. 601-14, 2010.

BHARANI, R.S.A.; NAMASIVAYAM, S.K.R. Biogenic silver nanoparticles mediated stress on developmental period and gut physiology of major lepidopteran pest *Spodoptera litura* (Fab.) (Lepidoptera: Noctuidae) - An eco-friendly approach of insect pest control. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v.5, n.2, p. 453-467, 2017.

BIRAH, A.; SHARMA, T.V.R.S.; SINGH, S.; SRIVASTAVA, R.C. Effect of aqueous eaf extractof cloves (*Syzygiumaromaticum*) ongrowthand development tobacco caterpillar (*Spodoptera litura*). **Indian Journal of Agricultural Science Sci.** v.80, n.2, p. 534-537,2010.

BRETAS, J.A.C. Corpo gorduroso de *Lutzomyialongipalpis* (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae). Tese de Doutorado, UFRRJ, **Seropédica,** 2016, 66p.

BROCHINI, C. B.; LAGO, J.H.G. Aplicação de técnicas cromatográficas e espectrométricas como ferramentas de auxílio na identificação de componentes de óleos voláteis. **Revista Brasileira de Farmacogia**, v.17, n.1, p. 266-270, 2007.

BUNING, J. The insectovary: Ultrastruture, previtellogenic growthand evolution. **Chapman & Hall**, Weinheim, 1994, 400p.

CHAPMAN, R.F. The insects : strutctures and function. Cambridge, **Cambridge University Press**, 929p, 2013.

CRUZ, G.S.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; OLIVEIRA, J.V.; CORREIA, A.A.; BREDA, M.O.; ALVES, T.J.S.; CUNHA, F.M.; TEIXEIRA, A.A.C.; DUTRA, K.A.; NAVARRO, D. M.A.F. Bioactivity of *Piper hispidinervum* (Piperales: Piperaceae) and *Syzygiumaromaticum* (Myrtales: Myrtaceae) olis, with or with out formulated Bta on the biology and immunology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal Economic Entomololy**, v.107, n.2, p. 144-153, 2014**.**

CRUZ, G.S. ; WANDERLEY-TEIXEIRA, V. ; OLIVEIRA, J.V.; D'ASSUNÇÃO, C.G.; CUNHA, F.M.; TEIXEIRA, A.A.C. ; GUEDES, C.A. ; DUTRA, K.A. ; BARBOSA, D.R.S. ; BREDA, M.O. Effect of transanethole, limonene and your combination in nutritional componentes and their reflection on reproductive parameters and testicular apoptosis in *Spodoptera frugiperda*(Lepidoptera: Noctuidae). **Chemico-Biological Interactions**, v. 263, n.2, p. 74-80, 2017.

CRUZ, G.S.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; OLIVEIRA, J.V.; TEIXEIRA, A.A.C. ; ARAÚJO, A.C.; ALVES, T.J.S.; CUNHA, F.M. ; BREDA, M.O. Histological and histochemical changes by clove essential oil upon the gonads of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **International Journal Morphology**, n.33, v.2, p. 1393-1400, 2015.

CANAVOSO, L.E.; JOUNI, Z.E.; KARNAS, K.J.; PENNINGTON, J.E.; WELLS, M.A. Fat Metabolism in Insects. **Annual Review Nutritional**, v.21, n.2, p. 23-46, 2001.

CHAPMAN, R.F. The insects: strutctures and function. Cambridge **University Press**, 2013, 929p.

CRUZ, G.S.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; OLIVEIRA, J.V.; LOPES, F.S.C.; BARBOSA, D.R.S.; BREDA, M.O.; DUTRA, K.A.; GUEDES, C.A.; NAVARRO, D.M.A.F.; TEIXEIRA, A.A.C. Sublethal effects of essential oils from *Eucalyptus staigeriana* (Myrtales: Myrtaceae), *Ocimumgratissimum* (Lamiales: Lamiaceae), and *Foeniculum vulgare* (Apiales: Apiaceae) on the biology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal Economic Entomology**, v.109, n.4, 660-666, 2016.

GILLOTT, C. Entomology. Dordrecht, **Springer**, 2005, 834p.

GODOY, M.S.; NAKANO, O. Efeitos de inseticidas sobre a reprodução e sobrevivência do bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis*boh. (Coleoptera: Curculionidae) em condições de laboratório**. Revista Verde**, v.6, n.1, p.12-22, 2011.

Gullan, P.J.; Cranston, P.S. Os insetos: um resumo de entomologia. São Paulo, **Roca,** 2012, 494p.

GUEDES, C.A.; TEIXEIRA, V.W.; DUTRA, K.A.; NAVARRO, D.M.A.F.; CRUZ, G.S.; NETO, C.J.C.L.; CORREIA, A.A.; SANDES, J.M.; BRAYNER, F.A.; ALVES, L.C.; TEIXEIRA, Á.A.C. Evaluation of *Piper marginatum* (Piperales: Piperaceae) Oil and Geraniol on the Embryonic Development of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Comparison to Formulated Products, **Journal Economic Entomology**, v.113, n.1, p. 239-248, 2020.

GERSHENZON, J.; DUDAREVA. N. The function terpene natural products in the natural world. **Nature Chemical Biology**, v.3, n.3, p.408-414, 2007.

HARMATHA, J.; NAWROT, J. Insect feeding deterrent activity of lignans and related phenylpropanoids with a methylenedioxyphenyl (piperonyl) structure moiety. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.104, n.57, p.51-60, 2002.

ISMAN, M. B. Plant essential oils for pest and disease management. Crop Protection, v.19, n.1, p.603-608, 2000.

KIM, E.H.; KIM, H.K.; CHOIH, D.H.; AHN, Y.J. A caricidal activity of clove budoil compounds against *Tyrophagus putrescentiae* (Acari:Acaridae). Entomologia e Zoologia Aplicada, v.38, n.2, p. 261-266, 2003.

KLOWDEN, M.J. Physiological Systems in Insects. New York, **Academic Press,** 2007, 668p.

KUNKEL, J.G.; NORDIN J.H. Yolk Proteins, p. 83-111. In: KERKUT, G.A.; GILBERT, L.I.; (eds.), Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology. Oxford, **Pergamon Press**, 1985, 111p.

MADBOULY, S.A.; ZHANG, C.; KESSLER, M.R. Bio-based plant oil polymers and composites. Elsevier Inc., **Oxford**, UK, 2015, 213p.

LIMA, K.R.; CARDOSO, M.G.; MORAES, J.C.; ANDRADE, M.A.; MELO, B.A.; RODRIGUES,V.G. Chemical characterization and insecticidal activity of the essential oil leaves of ageratumconyzoides l. on fallarmyworm *Spodoptera frugiperda*(Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Bioscience Journal***, v.*26, n.1, p. 1-5, 2010.

MILANO, P.; BERTI-FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ODA, M.L.; CÔNSOLI, F.L. Efeito da alimentação da fase adulta na reprodução e longevidade de espécies de Noctuidae, Crambidae, Tortricidae e Elaschitidae. **Neotropical Entomology**, v.39, n.2, p. 172-180, 2010.

OLIVEIRA, V.T.P.; CRUZ-LANDIM, C. Morphology and function of insect fatbody cells: a review. **Biociência,** v.11, n.5, p. 195-205, 2003.

SENTHILKUMAR, N.; VARMA, P.;. GURUSUBRAMANIAN, G. Larvidal and adulticidal activities of some medicinal plants against the Malarial Vector, *Anopheles stephensi* (Liston). **Parasitology Research**, v. 104, n.2, p.237-244, 2009.

RATTAN, R.S. Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. **Crop Protection**, v.29, n.2, p. 913-920, 2010.

REGNAULT-ROGER, C.; VINCENT, C.; ARNASON, J.T. Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. **Annual Review Entomology,** v.57, n.3, p. 405-424, 2012.

SILVA, C.T.S.; WANDERLEY-TEIXEIRA V.; CUNHA, F.M.; OLIVEIRA, J.V.; DUTRA, K.A.; NAVARRO, D.M.A.F.; TEIXEIRA, A.A.C. Biochemical parameters of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) treated with citronella oil (Cymbopogon winterianus Jowittex Bor) and its influence on reproduction**. Acta Histochemica,** v.118, n.4, p. 347-352. 2016a.

SILVA, J.F.; MELO, B.A.; PESSOA, E.B.; NETO, A.F.; LEITE, D.T. Plant extracts for the control the bean weevil *Zabrotes subfasciatus*(Boheman 1833) (Coleoptera: Bruchidae). **Revista Verde, v.**8, n.8, p. 1-5, 2013.

SILVA, A.B.; BATISTA, J.L.; BRITO, C.H. Influência de produtos de origem vegetal na oviposição e no desenvolvimento embrionário de *Euborellia annulipes*(Dermaptera: Anisolabididae). **Engenharia Ambiental,** v.6, n.3, p. 54-65, 2009.

SILVA, A.R.B.S.; PALMEIRA, A.G.; FLORÊNCIO, G.; SILVA FILHO, J.P.; SILVA, O.H.; ARAÚJO, N.S. Non-neoplastic proliferative processes: a literature review. **RSC online,** v. 5, n.5, p. 94-110, 2016b.

SIMÕES, C.M.O.; SPITZA, V. Óleos voláteis, p. 467-495. In SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. (eds.), Farmacognosia: da planta ao medicamento. Porto Alegre, **Editora da universidade/UFSC**, 2004.1104p

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal, 3.ed. Porto Alegre, **Artmed**, 2006**,** 722p.

TAK, J.H.; JOVEL, E.; ISMAN, M.B. Contact, fumigant, and cytotoxic activities of thyme and lemongrass essential oils against larvae and anovariance line of the cabbagelooper, *Trichoplusia ni.* Journal of Pest Science. V. 89, n.1, p.183–193, 2016.

YAMADA, T.; HABARA, O.; KUBO, H.; NISHIMURA, T. Fat body glycogen serves as a metabolic safeguard for the maintenance of sugar levels in *Drosophila.* **Development,** v.145, n.6, dev.158865, 2018**.**

YAZDANI, E.; SENDI, J.J.; ALIAKBAR, A.; SENTHIL-NATHAN, S. Effect of *Lavandula angustifolia* essential oil against lessermulberrypyralid *Glyphodes pyloalis* Walker (Lep: Pyralidae) and identification of its major derivatives. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.107, n.2, p.250- 257, 2013.

CAPÍTULO 14

CONSEQUÊNCIAS DO USO EXCESSIVO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS EM ABELHAS: UMA DAS PROVÁVEIS CAUSAS DO CCD

Data de aceite: 03/05/2021
Data de submissão: 29/03/21

Catiane Oliveira Souza
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia
Recife-PE
http://lattes.cnpq.br/5156282820589894

Valeria Wanderley Teixeira
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal
Recife-PE
Orcid: 0000-0001-9533-5476

Álvaro Aguiar Coelho Teixeira
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal
Recife-PE
Orcid: 0000-0001-5940-9220

Glaucilane dos Santos Cruz
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia
Recife-PE
Orcid: 0000-0001-6012-1945

Carolina Arruda Guedes
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia
Recife-PE
http://lattes.cnpq.br/6013290951230793

Júlio Cézar dos Santos Nascimento
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia
Recife-PE
Orcid: 0000-0003-3107-5876

Camila Santos Teixeira
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia
Recife-PE
Orcid: 0000-0001-8733-9020

RESUMO: O desaparecimento das abelhas é um fenômeno observado pelo mundo, sendo o distúrbio do colapso das colônias (Colony Collapse Disorder-CCD) apontado como a causa desse fato que possui impacto ecológico, econômico e social, pois as abelhas possuem papel essencial na polinização de espécies vegetais naturais e de importância agrícola, além disso, tem-se a produção de mel e outros produtos provenientes da apicultura. Múltiplas causas são apontadas como responsáveis por esse distúrbio, sendo que elas agem de forma simultânea. Por isso este trabalho tem por objetivo identificar os impactos causados pelo uso excessivo de defensivos agrícolas, que é apontado como um dos motivos do CCD. Para tal, foi realizada uma revisão de literatura no período entre Dezembro de 2020 a Março de 2021, onde foram utilizados livros e artigos científicos para pesquisa bibliográfica, os artigos foram selecionados por meio dos bancos de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO), Pubmed, Science Direct e Google acadêmico. Como conclusão, as pesquisas que

analisam o efeito de defensivos agrícolas sobre o declínio, geralmente abordam os efeitos dos neonicotinoides, embora se tenha relatos dos prejuízos que podem ser causados por inseticidas de grupos químicos diferentes, além do herbicida glifosato.
PALAVRAS-CHAVE: Polinizadores, *Apis mellifera*; CCD, Defensivos agrícolas.

CONSEQUENCES OF THE EXCESSIVE USE OF AGRICULTURAL DEFENSIVES IN BEES: ONE OF THE PROBABLE CAUSES OF CCD

ABSTRACT: The disappearance of bees is a phenomenon observed by the world, with the colony collapse disorder (Colony Collapse Disorder-CCD) being pointed out as the cause of this fact that has an ecological, economic and social impact, as bees have an essential role in the pollination of species natural vegetables of agricultural importance, in addition, there is the production of honey and other products from beekeeping. Multiple causes are said to be responsible for this disorder, and they act simultaneously. Therefore, this work aims to identify the impacts caused by the excessive use of pesticides, which is pointed out as one of the reasons for the CCD. To this end, a literature review was carried out from December 2020 to March 2021, where books and scientific articles were used for bibliographic research, the articles were selected through the Scientific Electronic Library Online (SciELO), Pubmed databases , Science Direct and Google Scholar. In conclusion, research that analyzes the effect of pesticides on decline generally addresses the effects of neonicotinoids, although there are reports of damage that can be caused by insecticides from different chemical groups, in addition to the herbicide glyphosate.
KEYWORDS: Pollinators, *Apis mellifera*, CCD, Pesticides.

1 I MATERIAL E MÉTODOS

Foi executada uma revisão de literatura a partir de base de dados nacionais e estrangeiras, a busca foi realizada no período de Dezembro de 2020 a Março de 2021. A pesquisa bibliográfica foi feita através de livros e artigos científicos escolhidos em banco de dados, sendo eles: Scientific Electronic Library Online (SciELO), Pubmed, Science Direct e Google acadêmico. Os assuntos buscados foram o histórico e biologia de *Apis mellifera* (Linnaeus), além do efeito de defensivos agrícolas sobre a *A. mellifera* e agrotóxicos como causadores do CCD (Colony Collapse Disorder). O levantamento bibliográfico procedeu- se por meio de um recorte temporal entre os anos de 1988 a 2020.

2 I INTRODUÇÃO

A polinização cumpre um papel importante no ecossistema no que se refere a continuidade da diversidade genética de espécies de plantas e sua reprodução, além disso é essencial para cultivos de interesse humano, considerando que cerca de 80% das espécies naturais e 75% das espécies agrícolas que possuem flores são inerentes à polinização animal, sendo as abelhas que produzem mel, o polinizador mais notável economicamente (GALLAI *et al.*, 2009).

A abelha *Apis mellifera* (Linnaeus), ordem Hymenoptera e família Apidae, está associada a humanidade há cerca de sete mil anos (BLOCH *et al.*, 2010). Foi a primeira espécie a ser utilizada para polinização dos campos agrícolas do mundo, logo, entre as produtoras de mel as do gênero *Apis* são as mais difundidas e com ampla domesticação em todos os continentes (CAMARGO *et al.*, 2002; LECLERCQ *et al.*, 2018).

Originou-se inicialmente na África, entretanto, em momentos anteriores a chegada do *Homo sapiens*, a ocorrência de dois eventos não relacionados provocou a migração delas para o norte da Ásia Central e o norte europeu (WHITFIELD *et al.*, 2006), como consequência pelo menos duas dúzias de subespécies surgiram, essas se diferenciavam na morfologia, fisiologia e comportamento (RUTTNER, 1988).

Sendo introduzida no Brasil no período colonial pelos padres Jesuitas, anos após, a subespécie africana *Apis mellifera scutellata* (Lepeletier) chegou ao país em 1956 e causou a intensa variabilidade e hibridização que se tem hoje (DINIZ-FILHO & MALASPINA, 1995). Historicamente a domesticação das abelhas no país foi influenciada pelas diferentes sociedades pós-colonização, se tornando uma tradição popular propagada especialmente nas regiões norte e nordeste do Brasil (VILLAS-BÔAS 2012).

O Brasil se encontra na 11ª posição na escala mundial, com uma produção de 42.346 ton de mel no ano de 2018. O maior importador de mel do mundo são os Estados Unidos, em 2016 eles representaram 21 % das compras mundiais. No Brasil, o nordeste tem uma alta competitividade no cenário mundial por conta de peculiaridades da produção na região, em que o mel é em sua maioria proveniente de vegetação nativa e as condições ambientais que previnem doenças diminuindo o uso de pesticidas. O mel orgânico brasileiro por sua vez recebe uma ótima remuneração pelos EUA, sendo o Brasil um dos principais exportadores (ETENE, 2019; FAO, 2020).

3 | BIOLOGIA DA ABELHA *Apis mellifera*

Seu corpo é divido em três segmentos: cabeça, tórax e abdômen. Possui ainda a quitina (promove resistência), esclerotina (promove rigidez), resilina (promove flexibilidade) e cera (promove impermeabilidade) como partes não vivas. Na cabeça se encontram os olhos simples e compostos, ou seja, ocelos e omatídeos respectivamente, nesta região se localizam também as antenas, o aparelho bucal e internamente as glândulas (DOMINGOS *et al.*, 2016). Os dois últimos são de extrema importância para seu desempenho.

As abelhas dispõem de peças bucais do tipo mastigador e lambedor. Nas *A. mellifera* as glossas labiais são alongadas e se fundem formando uma língua peluda, esta é contornada por gáleas maxilares e palpos labiais que configuram uma probóscide tubular que detém o canal alimentar. Durante a alimentação, a língua é imergida no mel ou néctar e ficam aderidos aos pêlos, posteriormente a língua é recolhida e o líquido aderido é carregado para o espaço entre as gáleas e os palpos labiais (GULLAN & CRANSTON, 2017).

As mandíbulas são esclerotizadas com formato de colher e se localizam na base da probóscide, tem a função de manipular a cera e resinas vegetais para a criação do ninho, de alimentar as larvas e a rainha, de limpeza, em lutas, e na remoção de resíduos do ninho (GULLAN & CRANSTON, 2017). As glândulas mandibulares e hipofaríngeas constituem o sistema salivar e estão presentes de modo funcional apenas nos adultos com formação na fase de pupação. As glândulas salivares larvais são formadas na fase embrionária com um par de invaginação da ectoderme, ao fim do estágio larval as mesmas se degeneram e os dutos irão originar as glândulas salivares adultas (CRUZ-LANDIM, 2009).

Já as glândulas de Dufour é decorrente de uma evaginação da parede do oviduto na sua fração basal, possui a forma de um tubo ou saco, e estão presentes somente nas rainhas (CRUZ-LANDIM, 2009).

A diferença morfo-anatômica entre a rainha *A. mellifera* e suas operárias está no seu tamanho. Ela conta com um abdômen mais alongado com sete segmentos conspícuos, que acomoda a maioria dos órgãos e algumas glândulas (TAUTZ, 2010). Como a rainha cumpre o papel de reprodução da colmeia seu ovário é desenvolvido, e possui uma espermateca, órgão esférico incumbido de receber e armazenar os espermatozoides adquiridos durante a cópula para utiliza-los para fertilização dos ovócitos, com capacidade em torno de 7 milhões de espermatozóides (CRUZ-LANDIM, 2009; DOMINGOS *et al*., 2016).

Seus ovários são do tipo meroísticos e politróficos, e ovaríolos com número e comprimento variáveis. Só duas regiões podem ser identificadas nos ovaríolos quando as rainhas são virgens, sendo a região do filamento terminal (suspensor dos ovários) e do germário (onde acontece a diferenciação do ovócito). As células germinativas estão presentes no germário, e os folículos do vitelário são dispostos linearmente. A constituição de cada folículo se dá pela câmara nutridora e câmara ovocítica, sendo elas revestidas por uma única camada de células foliculares (MARTINS & SERRÃO, 2004; CRUZ-LANDIM, 2009).

DE SOUZA (2009) estudando rainhas africanizadas percebeu que elas saem de suas colmeias para acasalar em média 4 a 5 dias após sua emergência. Os voos são feitos no período da tarde, onde são realizados entre 2 e 4 voos de reconhecimento seguindo, posteriormente, para as áreas em que os zangões estão agrupados. Os zangões que conseguem copular irão morrer rapidamente, isto porque seus órgãos genitais irão se prender no corpo da rainha. O acasalamento acontece em pleno voo, por volta de 10-20 m de altura, e a rainha irá copular até encher a sua espermateca, sendo necessário cerca de 6 a 8 zangões. O sêmen coletado ao longo do voo nupcial será o mesmo durante toda a vida da rainha (DOMINGOS *et al*., 2016).

Quanto a estrutura social, abelhas do gênero *Apis* são organizadas em rainha (responsável pela reprodução); aproximadamente 400 zangões (nascem de ovos não-fecundados) que tem a função de fecundar uma rainha virgem; e 60.000 abelhas operárias (nascem de ovos fecundados) que são encarregadas de todos os trabalhos dentro como também fora da colmeia (CAMARGO *et al*., 2002; DOMINGOS *et al*., 2016).

4 | IMPACTO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS EM ABELHAS *Apis mellifera*

A perda de insetos polinizadores é evidenciada por diversos casos documentados na América do Norte e Europa, porém a redução na população desses animais é representada em escala global (POTTS *et al.*, 2010). Muitos estudos atribuem o desaparecimento de colônias ao distúrbio do colapso das colônias (Colony Collapse Disorder CCD ou Honeybee Colony Collapse Disorder-HCCD) (STANKUS, 2014). O CCD está vinculado a um conjunto de sintomas, e são eles, a perca das abelhas operárias sem razão aparente que se sobressai pelo enfraquecimento ou morte das colônias que possuem excedente de crias quando comparadas a população de abelhas adultas, ausência de abelhas operárias mortas dentro ou em volta da colmeia, e invasão mais tardia de pragas como traças e besouros pequenos (COX-FOSTER *et al.*, 2007).

Múltiplas causas são apontadas como responsáveis por esse distúrbio, entre elas estão a perda e fragmentação de habitat (HENDRICKX *et al.*, 2007), mudanças climáticas (HEGLAND *et al.*, 2009), introdução de espécies exóticas e competição por recursos (STOUT & MORALES, 2009), doenças patogênicas (COX-FOSTER *et al.*, 2007), aumento do uso de produtos químicos na agricultura, como inseticidas (RORTAIS *et al.*, 2005). Esses fatores agem de forma simultânea (STANKUS, 2014), portanto, um único fator ou agente patogênico não é capaz de iniciar o CCD, mas sim a interação entre eles.

A maioria dos trabalhos que envolvem inseticidas e explicações ao CCD abordam principalmente as consequências dos neonicotinoides, algumas teorias sugerem que inseticidas desse grupo químico podem interferir na capacidade cognitiva dos indivíduos (STANKUS, 2014), todavia, produtos do grupo piretróide podem ser tão prejudiciais quanto os neonicotinoides a abelhas (CHARRETON *et al.*, 2015), e apresentam valores de doses letais moderadamente mais elevados (OLIVER, 2015).

Os piretróides são neurotóxicos e possuem uma quantidade substancial de ingredientes ativos registrados e são recomendados como controle para várias pragas em diversas culturas (BRASIL, 2020). FRIZZAS *et al.* (2017) demonstraram recentemente que os químicos lufenurom (benzoiluréia) e lambda-cialotrina (piretróide) podem exercer impactos negativos em uma diversidade de espécies, dentre elas a *A. mellifera*.

Durante o forrageamento as abelhas podem entrar em contato com os resíduos dos defensivos agrícolas (POTTS *et al.*, 2010), as hipóteses levantadas indicam que os inseticidas causam a morte das abelhas por intoxicação (ALSTON *et al.*, 2007), já os herbicidas agem de forma indireta ao reduzir a fonte de alimentação, nesse contexto as flores (pólen e néctar), das polinizadoras (HOLZSCHUH *et al.*, 2008). Esses resíduos foram também encontrados nas colmeias, o que significa que a contaminação não se restringe a forragem, mas que as abelhas estão expostas constantemente a doses com efeitos ainda desconhecidos (MULLIN *et al.*, 2010).

O glifosato [N- (fosfonometil) -glicina] é um herbicida não seletivo e sistêmico. Ele pode apresentar sinergismo com inseticidas, como o clorpirifós, que gera aumento na sua toxicidade, cujos os danos sobre os insetos polinizadores ainda não são conhecidos e precisam ser elucidados, pois, as abelhas convivem com essas pressões ambientais a todo momento e elas podem ser afetadas indiretamente por meio de uma redução na quantidade de flores, ou mesmo, terem um contágio através do contato com água, pólen ou néctar contaminado com o resíduo (RUIZ-TOLEDO & SÁNCHEZ-GUILLÉN, 2014).

GREGORC & ELLIS (2011) testaram inseticidas sintéticos, fungicidas e herbicidas, contendo piretróide e glifosato entre eles, sobre a fisiologia do intestino médio de larvas de *Apis mellifera*, está região é alvo de estudo por agir como barreira de defesa, age também na absorção de nutrientes e interação com diversos inseticidas, e foi observado o aumento da apoptose (morte celular) nas larvas que foram tratadas em comparação a resposta das que não houve tratamento.

5 | CONCLUSÃO

Diante do exposto é possível concluir que a proteção das abelhas se torna essencial para segurança alimentar da população e os relatos de seu desaparecimento pelo mundo se tornam preocupantes. Os produtos aqui apontados podem contribuir para o CCD e merecem maior atenção pelas pesquisas, pois os estudos até o momento abrangem, em sua maioria, os neonicotinoides.

REFERÊNCIAS

ALSTON, D.G.; TEPEDINO, V.J.; BRADLEY, B.A.; TOLER, T.R.; GRISWOLD, T.L.; MESSINGER, S.M. Effects of the insecticide Phosmet on solitary bee foraging and nesting in orchards of Capitol Reef National Park, Utah. **Environmental Entomology**, v.36, n.4, p. 811-816, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Agrofit**: sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: www. agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 20/12/2020.

CAMARGO, R.C.R.; PEREIRA, F.M.; LOPES, M.T.R. Produção de mel. Teresina, **Embrapa Meio-Norte**, 2002, 138p. (Sistema de Produção 3).

CHARRETON, M.; DECOURTYE, A.; HENRY, M.; RODET, G.; SANDOZ, J.C.; CHARNET, P.; COLLET, C. A locomotor deficit induced by sublethal doses of pyrethroid and neonicotinoid insecticides in the honeybee *Apis mellifera*. **PLoS One**, v.10, n.12, 2015. e0144879.

COX-FOSTER, D.L.; CONLAN, S.; HOLMES, E.C.; PALACIOS, G.; EVANS, J.D.; MORAN, N.A.; QUAN, P-L; BRIESE, T.; HORNING, M.; GEISER, D.M.; MARTINSON, V.; VANENGELSDORP, D.; KALKSTEIN, A.L.; DRYSDALE, A.; HUI, J.; ZHAI, J.; CUI, L.; HUTCHISON, S.K.; SIMONS, J.F.; EGHOLM, M.; PETTIS, J.S.; LIPKIN, W.I. A metagenomic survey of microbes in honey bee colony collapse disorder. **Science**, v.318, n.5848, p.283-287, 2007.

CRUZ-LANDIM, C. Abelhas: morfologia e função de sistemas. São Paulo, **UNESP**, 2009, 1286p.

DE SOUZA, D.A.; FRANCOY, T.M.; GONÇALVES, L.S. Honey bee queen's ovarioles number in two weight's group. In: X Encontro sobre Abelhas, **anais**, Ribeirão Preto – SP, 2012.

DINIZ-FILHO, J.A.F.; MALASPINA, O. Evolution and population structure of africanized honey bee in Brazil: evidence fromspatial analysis of morphometrical data. **Evolution**, v.49, n.6, p.1172-1179, 1995.

DOMINGOS, A.T.S.; NÓBREGA, M.M; SILVA, R.A. Biologia das abelhas *Apis mellifera*: Uma revisão bibliográfica. **ACTA Apicola Brasilica**, v. 04, n.2, p.08-12, 2016.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **FaoStat**. 2020. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC. Acesso em: 13/12/2020.

FRIZZAS, M. R.; OLIVEIRA, C.M; OMOTO, C. Diversity of insects under the effect of Bt maize and insecticides. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.84, p.1-8, e0062015, 2017.

GALLAI, N.; SALLES, J.M.; SETTELE, J.; VAISSIÈRE, B.E. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, v.68, n.3, p.810-821, 2009.

GREGORC, A.; ELLIS, J.D. Cell death localization in situ in laboratory reared honey bee (*Apis mellifera* L.) larvae treated with pesticides. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.99, n.2, p.200-207, 2011.

GULLAN, P.J.; CRANSTON, P.S. Insetos: fundamentos da entomologia. Rio de Janeiro, **Guanabara Koogan**, 2017, 460p.

HEGLAND, S.J.; NIELSEN, A.; LÁZARO, A.; BJERKNES, A.-L.; TOTLAND, O. How does climate warming affect plant-pollinator interactions? **Ecology Letters**, v.12, n.2, p.184–195, 2009.

HENDRICKX, F.; MAELFAIT, J.-P.; WINGERDEN, W.V.; SCHWEIGER, O.; SPEELMANS, M.; AVIRON, S.; AUGENSTEIN, I.; BILLETER, R.; BAILEY, D.; BUKACEK, R.; BUREL, F.; DIEKÖTTER, T.; DIRKSEN, J.; HERZOG, F.; LIIRA, J.; ROUBALOVA, M.; VANDOMME, V.; BUGTER, R. How landscape structure, land-use intensity and habitat diversity affect components of total arthropod diversity in agricultural landscapes. **Journal of Applied Ecology**, v.44, n.2, p.340–351, 2007.

HOLZSCHUH, A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Agricultural landscapes with organic crops support higher pollinator diversity. **Oikos**, v.117, n.3, p.354–361, 2008.

LECLERCQ, G.; GENGLER, N.; FRANCIS, F. 2018. How human reshaped diversity in honey bees (*Apis mellifera* L.): a review. **Entomologie Faunistique – Faunistic Entomology**, v.71, p.1-13, 2018.

MARTINS, G.F.; SERRÃO, J.E. A comparative study of the ovaries in some Brazilian bees (Hymenoptera; Apoidea). Museu de zoologia da Universidade de São Paulo. **Scielo**, v.44, n.3, p.45-53, 2004.

MULLIN, C.A.; FRAZIER, M.; FRAZIER, J.L.; ASHCRAFT, S.; SIMONDS, R.; VANENGELSDORP, D.; PETTIS, J.S. High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health. **PLoS One**, v.5, n.3, p.1-19, e9754, 2010.

OLIVER, C.J.; SOFTLEY, S.; WILLIAMSON, S.M.; STEVENSON, P.C.; WRIGHT, G.A. Pyrethroids and nectar toxins have subtle effects on the motor function, grooming and wing fanning behaviour of honeybees (*Apis mellifera*). **PLoS One**, v.10, n.8, p.1-12, e0133733, 2015.

POTTS, S.G.; BIESMEIJER, J.C.; KREMEN, C.; SCHWEIGER, P.N.O.; KUNIN, W.E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology & Evolution**, v.25, n.6, p.345-353, 2010.

RORTAIS, A.; ARNOLDA, G.; HALMB, M.-P.; TOUFFET-BRIENS, F. Modes of honeybees exposure to systemic insecticides: estimated amounts of contaminated pollen and néctar consumed by different categories of bees. **Apidologie**, v.36, n.1, p.71–83, 2005.

RUIZ-TOLEDO, J.; SÁNCHEZ-GUILLÉN, D. Effect of the concentration of glyphosate present in body waters near transgenic soybean fields on the honeybee *Apis mellifera*, and the stingless bee *Tetragonisca angustula*. **Acta Zoológica Mexicana**, v.30, n.2, p.408-413, 2014.

RUTTNER, F. Biogeography and taxonomy of honeybees. New York, **Springer**, 1988, 284p.

STANKUS, T. Reviews of science for science librarians: an update on honeybee colony collapse disorder. **Science & Technology Libraries**, v.33, n.3, p.228-260, 2014.

STOUT, J.; MORALES, C.L. Ecological impacts of invasive alien species on bees. **Apidologie**, v.40, n.3, p.388-409, 2009.

TAUTZ, J. O fenômeno das abelhas. Porto Alegre, **Artmed**, 2010, 288 p.

VILLAS-BÔAS, J. Manual tecnológico: mel de abelhas sem ferrão. Brasília, **Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN)**, 96 p.; il. - (Série Manual Tecnológico), 2012.

WHITFIELD, C.W.; BEHURA, S.K.; BERLOCHER, S.H.; CLARK, A.G.; JOHNSTON, J.S.; SHEPPARD, W.S.; SMITH, D.R.; SUAREZ, A.V.; WEAVER, D.; TSUTSUI, N.D. Africa: ancient and recent expansions of the honey bee, *Apis mellifera*. **Science**, v.314, n.5799, p.642-645, 2006.

CAPÍTULO 15

ESPACIALIZAÇÃO DAS SUBCLASSES DE CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS DE UMA MICROBACIA ATRAVÉS DE GEOPROCESSAMENTO, VISANDO A CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS

Data de aceite: 03/05/2021

Sérgio Campos
Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, SP
http://lattes.cnpq.br/4147899091047166

Fábio Villar da Silva
Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, SP
http://lattes.cnpq.br/8887419877327320

Marcelo Campos
Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Engenharia, Tupã, SP
http://lattes.cnpq.br/0717563036484228

RESUMO: A determinação da capacidade de uso das terras é muito importante para o planejamento de uso do solo, pois o uso inadequado e sem planejamento da terra, empobrece-a de maneira irreversível, provocando baixa produtividade das culturas e trazendo em certas regiões como consequência o baixo nível sócio, econômico e tecnológico da população rural. O presente trabalho teve como objetivo a utilização de geotecnologias na elaboração dos mapas de hidrografia, declividade e na determinação da capacidade de uso do solo na microbacia do Ribeirão Duas Águas, Botucatu-SP, visando futuras contribuições no processo de gestão ambiental e na tomada de decisões por parte dos Administradores Públicos. A microbacia apresenta uma área de 3.796,6ha e está localizada entre os paralelos 22°44'30" a 22°49'16" de latitude S e 48°17'31" a 48°21'45" de longitude W Gr. A base cartográfica utilizada foi a carta planialtimétrica de Botucatu (SP), em escala 1:50.000 na determinação das curvas de nível, da hidrografia e da topografia no cálculo dos índices morfométricos. Os resultados permitiram constatar que as classes de capacidade de uso III e IV, divididas nas subclasses IIIs, IIIs,e e IVs ocuparam 88,99% da área, mostrando o grande potencial de uso para culturas anuais, perenes, pastagens e ou reflorestamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento, uso do solo, unidades de solo.

SPATIALIZATION OF A LAND USE OF CAPACITY SUBCLASSES WATERSHED BY GEOPROCESSING, SEEKING THE CONSERVATION OF NATURAL RESOURCES

ABSTRACT: The determination of land use capability is very important for the planning of land use, as improper use and unplanned land, impoverishes it irreversibly, causing low crop yields and bringing in certain regions as consequence of the low socio, economic and technological rural population. This study aimed to the use of geotechnology in the development of hydrography maps, slope and determination of land use capacity in the Stream Two Waters, Botucatu - SP, aiming future contributions in the environmental management process and in making decisions by Public Administrators. The watershed has an area of 3796.6 ha and is located between the parallel 22° 44' 30" to 22° 49' 16" S latitude and 48° 17' 31" to 48° 21' 45"

W Gr. longitude. The base map used was planialtimetric shart Botucatu (SP), in 1:50000 in determining the contour lines, hydrography and topography in the calculation of morphometric indices the results demonstrated that the use of capacity classes III and IV, divided in IIIs subclasses IIIs, IIIs,e and IVs occupied 88.99% of the area, showing the great potential of use for annual crops, perennial, or pasture and reforestation.
KEYWORDS: Geoprocessing, land use, soil units.

INTRODUÇÃO

A determinação da capacidade de uso das terras é muito importante para o planejamento de uso do solo, pois o uso inadequado e sem planejamento da terra, empobrece-a de maneira irreversível, provocando baixa produtividade das culturas e trazendo até em certas regiões como conseqüência o baixo nível sócio, econômico e tecnológico da população rural.

Os problemas ambientais vivenciados no mundo têm mostrado níveis alarmantes de depauperamento dos recursos naturais, principalmente do solo e da água, assoreamento e poluição dos rios e córregos, afetando a saúde dos animais e da humanidade, causando problemas de disponibilidade de água, queda dos níveis de produção agropecuária, comprometendo a economia global e a qualidade de vida da população (Torres et al., 2006).

Dentro da gestão ambiental, uma das principais dificuldades com que se tem defrontado é a falta de uma fonte de dados com informações básicas da paisagem. Tais informações são extremamente necessárias em projetos ambientais, especialmente para realizar a recomposição de áreas degradadas, fornecendo auxílio ao manejo e à conservação do solo e da água nas microbacias hidrográficas.

Dessa forma, o presente trabalho visou a utilização de ferramentas de geoprocessamento para o levantamento da ocupação agrícola e florestal, das classes de declive, das unidades de solo e a elaboração do mapa de classes de capacidade de uso das terras, bem como a verificação da adequação da ocupação de acordo com cada classe de capacidade de uso da microbacia do Ribeirão Duas Águas, Botucatu-SP, buscando contribuir para futuras fiscalizações ambientais e melhoria desta situação, bem como para o aumento dos conhecimentos básicos acerca da terra e sua utilização.

MATERIAL E MÉTODOS

A microbacia do Ribeirão Duas Águas (Figura 1), situada no município de Botucatu (SP) com uma área de 3796,6 a e definida geograficamente pelas coordenadas: 22º 44’ 30” a 22º 49’ 16” de latitude S e 48º 17’ 31” a 48º 21’ 45” de longitude WGr.

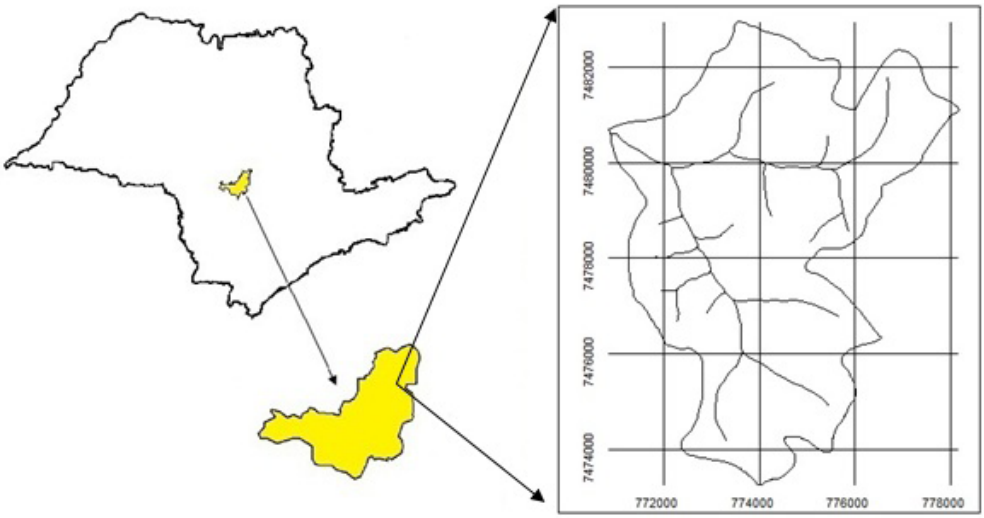


Figura 1. Localização da microbacia do Ribeirão Duas Águas – Botucatu (SP).

A base cartográfica utilizada foi: a carta planialtimétrica no formato digital (IBGE, 1974) para obtenção da carta clinográfica da área.

Segundo Piroli (2002), o Município é composto pelos solos: Podzólico Vermelho Amarelo (PVA), Neossolo Quartzarênico (RQ) e Gleissolo Háplico (GX).

Neste estudo, as curvas de nível eqüidistantes de 20 em 20 metros foram obtidas das topográficas de Botucatu, em escala 1:50000 (IBGE, 1973).

As classes de declive utilizadas para conservação do solo foram de 0 a 3%, 3 a 6%, 6 a 12%, 12 a 20%, 20 a 40% e mais de 40%, sugeridas pela Survey Soil Staff (1975) e utilizadas por muitos pesquisadores brasileiros (Campos et al., 2010; Silveira et al., 2014) que trabalham com planejamento de uso e manejo do solo para projetos de conservação.

Posteriormente, foi feito o escaneamento das unidades de solo, sendo desta forma, a informação analógica convertida para digital. Em seguida, fez-se a importação pelo módulo *File/Import* do SIG- Idrisi Selva. O próximo passo foi a georeferência da imagem digital para o sistema UTM, fuso 22, meridiano central 51º WGr, utilizando-se de 4 pontos de controle localizados nos cantos da imagem. O módulo utilizado neste processo foi o *Reformat/Resample* do Sistema de Informações Geográficas IDRISI Selva no processo dos dados georreferenciados.

A digitalização do polígono máscara abrangendo a área total do município foi efetuada pelo módulo *On Screen Digitizing*. Fez-se então, a digitalização das classes de declive e de unidades de solo na tela do computador através do módulo de digitalização do Software Cartalinx, sendo em seguida realizado a rasterização dos mesmos sobre o polígono da microbacia, utilizando do módulo *Reformat/Raster/Vector conversion/Lineras* do SIG- Idrisi.

As áreas das classes de declive e unidades de solo foram determinadas pelo módulo *Analysis/Data Base Query/Area* do Sistema de Informações Geográficas IDRISI.

Para elaboração da carta de capacidade de uso das terras da área foi realizado, primeiramente, a multiplicação dos mapas de classes de declive e de unidades de solo, sendo posteriormente reclassificado o mapa resultante, utilizando-se para isso da tabela de julgamento de classes de capacidade de uso (Fluxograma), confeccionada França (1963), Bellinazi et al. (1983) e, adaptada por Zimback & Rodrigues (1993).

RESULTADOS E DISCUSSSÃO

A análise da carta clinográfica (Figura 2 e Tabela 1) obtida permitiu inferir que as classes de declive de 0 a 3% (áreas planas) e 3 a 6%(suavemente ondulada) representam mais de 23% da microbacia. Estas são destinadas para o plantio de culturas anuais com o uso das práticas simples de conservação do solo.

As áreas com relevo ondulado (6 a 12%), representando 48,22% da área total da microbacia (1830,62ha), são indicadas para o plantio de culturas anuais com o uso de práticas de conservação do solo, segundo Lepsch et al (2001).

O relevo forte ondulado (12 a 20%), indicado para a exploração de culturas permanentes, que proporcionam proteção ao solo, predomina em 22,24% (844,47ha) da área da microbacia, enquanto que o relevo acidentado (20 a 40%), indicado para o desenvolvimento da pecuária e da silvicultura, podendo ainda ser utilizado para preservação ambiental, evitando-se dessa maneira a erosão do solo, predominou em 6,31% (239,55ha).

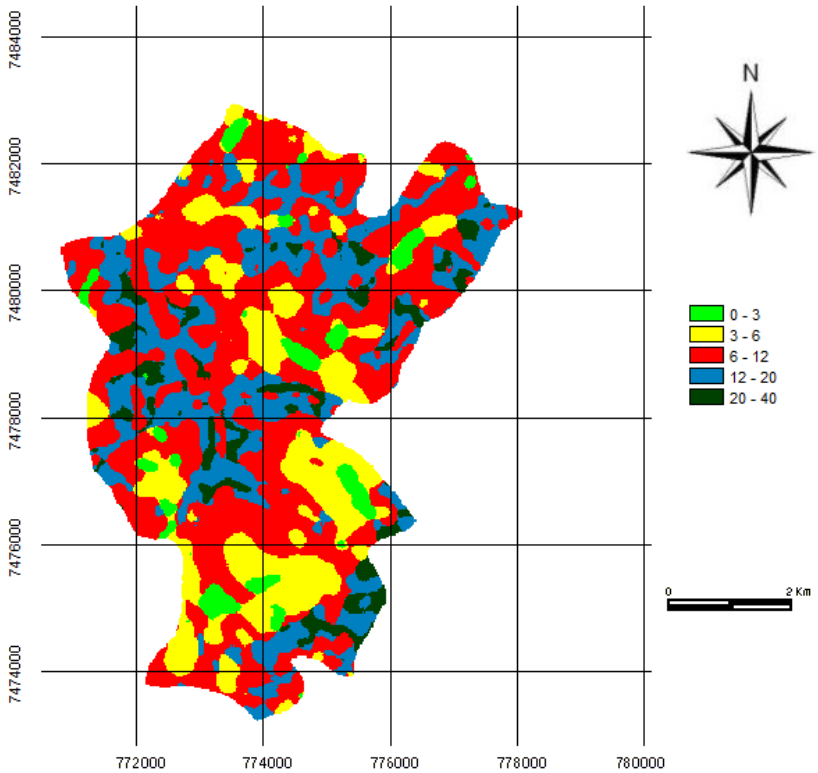


Figura 2. Clinografia da microbacia do Ribeirão Duas Águas – Botucatu (SP).

Classes de Declive (%)	Área em relação à microbacia ha	%
0 – 3	168,97	4,45
3 – 6	712,99	18,78
6 – 12	1830,62	48,22
12 – 20	844,47	22,24
20 – 40	239,55	6,31
Total	**3796,6**	**100**

Tabela 1. Clinografia da microbacia do Ribeirão Duas Águas – Botucatu (SP).

A microbacia apresenta-se com grande potencial agricultável, pois apresenta quase 94% da área propícia para o cultivo com culturas anuais e permanentes, ou seja, com a declividade variando de 0 a 20%.

Os solos (Figura 3 e Tabela 2) ocorrentes na área estudada mostram que a unidade mais significativa foi o solo Podzólico Vermelho Amarelo com 2428,09ha (63,96%). As outras unidades de solo encontradas foram o Neossolo Quartzarênico com 1170,59ha (30,83%) e o solo Gleissolo Háplico com 197,92ha (5,21%).

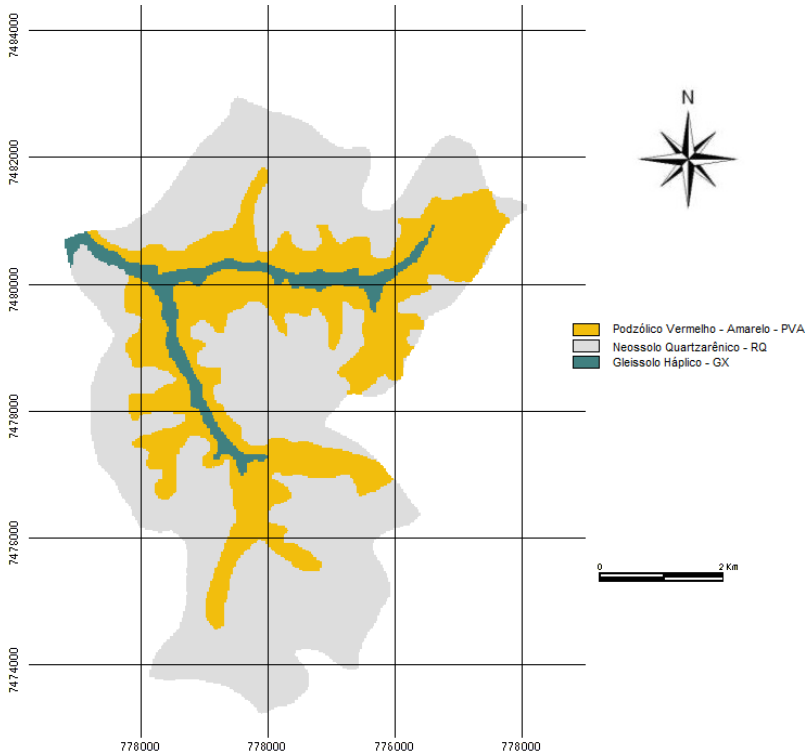


Figura 3. Unidades de solo da microbacia do Ribeirão Duas Águas – Botucatu (SP).

Classe de solo	ha	%
Podzólico Vermelho-Amarerlo (PVA)	2428,09	63,96
Neossolo Quartzarênico (RQ)	1170,59	30,83
Gleissolo Háplico (GX)	197,92	5,21
Total	**3796,6**	**100**

Tabela 2. Unidades de solo da microbacia do Ribeirão Duas Águas – Botucatu (SP).

O cruzamento dos mapas de declive (Figura 4 e Tabela 3) e de unidades de solo (Figura 2) com a tabela para determinação das classes de capacidade de uso pelos critérios de julgamento permitiu a geração do mapa de subclasses de capacidade de uso da terra da microbacia (Lepsch et al., 2001), que foi agrupada segundo as subclasses de capacidade de uso através do módulo *reclass* do SIG Idrisi Selva.

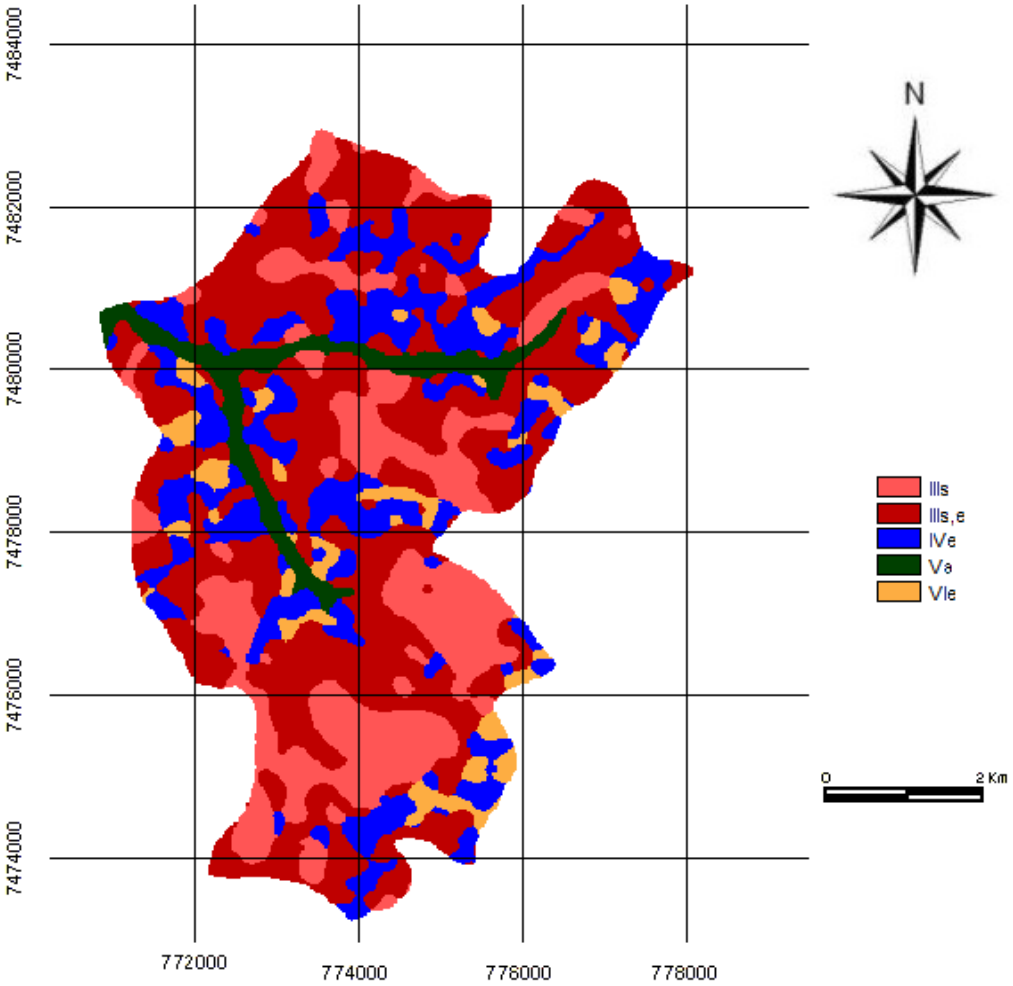


Figura 3. Subclasses de capacidade de uso do solo da microbacia do Ribeirão Duas Águas – Botucatu (SP).

Classes de Capacidade	Área	
	ha	%
IIIs	847,97	22,34
IIIs,e	1755,72	46,24
IVs	774,95	20,41
Va	214,01	5,64
VIe	203,95	5,37
Total	**3796,6**	**100**

Tabela 3. Subclasses de capacidade de uso do solo da microbacia do Ribeirão Duas Águas – Botucatu (SP).

A subclasse IIIs é composta (Lepsch et al., 2001), por terras cultiváveis com problemas complexos de conservação e/ou de manutenção de melhoramentos. São terras praticamente planas ou suavemente onduladas com fertilidade natural muito baixa. Apresenta limitação por problemas de solo são recomendadas para rotação de culturas; aumento da proporção de culturas densas nos planos de rotação; terraceamento; canais de divergência; plantio direto; alternância de capinas; rompimento de camadas compactadas no solo superficial e no subsolo, através de escarificação e subsolagem; melhoramento das condições físicas do solo através da incorporação de matéria orgânica, rotação com culturas de raízes profundas e com grande quantidade de resíduos vegetais; adubação e calagem.

A subclasse IIIe,s por apresentar limitação por problemas de erosão e solo, são indicadas para plantio e cultivo em nível aliado a culturas em faixas e/ou aumento da proporção de culturas densas nos planos de rotação; culturas em faixas; rotação de culturas; aumento da proporção de culturas densas nos planos de rotação; terraceamento; canais de divergência; plantio direto; alternância de capinas; rompimento de camadas compactadas no solo superficial e no subsolo, através de escarificação e subsolagem; melhoramento das condições físicas do solo através da incorporação de matéria orgânica, rotação com culturas de raízes profundas e com grande quantidade de resíduos vegetais; adubação e calagem e cultivo mínimo do solo (arações, gradagens, etc...).

A subclasse de capacidade de uso do solo IVs abrange 20,41% (774,95 ha) e segundo Lepsch et al. (2001), como terras limitadas por riscos medianos a severos de erosão em cultivos intensivos, com declividades acentuadas, com deflúvio muito rápido, podendo apresentar erosão em sulcos superficiais muito frequentes, em sulcos rasos frequentes ou em sulcos profundos ocasionais. Nestas classes são indicadas culturas permanentes protetoras do solo, não podendo tais áreas ser ocupadas com culturas anuais, apresentando dificuldades severas a motomecanização.

A Subclasse Va representando 5,64% da microbacia (214,01ha) são terras planas não sujeitas à erosão, com deflúvio praticamente nulo, severamente limitadas por excesso de água, sem possibilidade de drenagem artificial e/ou com risco de inundação frequente, mas que podem serem usadas para o pastoreio em algumas épocas do ano (Lepsch et al., 2001).

A subclasse de capacidade de uso do solo VIe, representa 5,37% da área da microbacia e, segundo Lepsch et al. (2001) são terras impróprias para culturas anuais com risco de erosão que pode chegar a severo, com deflúvio moderado a severo e presença de sulcos rasos muito frequentes ou sulcos profundos frequentes. Podem ser usadas para produção de certos cultivos permanentes úteis como pastagens ou florestas (como seringueira e cacau), usadas como culturas protetoras do solo, devem ser feitos com restrições moderadas usando práticas de conservação de solo e um manejo adequado. Mesmo sob esse tipo de vegetação, é medianamente suscetível de danificação

pelos fatores de depauperamento do solo devido ao relevo, apresentam dificuldades de motomecanização pelas condições topográficas.

A carta de capacidade de uso da microbacia permitiu constatar que 64,02% da área da é constituída pelas classes III (IIIs e IIIs,e) e IV (IVs), mostrando o potencial da microbacia para culturas anuais, perenes, pastagens e ou reflorestamentos.

CONCLUSÕES

Os resultados permitiram constatar que as classes de capacidade de uso III e IV, divididas nas subclasses IIIs, IIIs,e e IVs ocuparam 88,99% da área, mostrando o grande potencial de uso para culturas anuais, perenes, pastagens e ou reflorestamentos.

REFERÊNCIAS

BELLINAZZI, J.R. ET AL. *Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.* Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.175 p.

CAMPOS, S., BARBOSA, A.P., BARROS, Z.X., CARDOSO, L.G., CARRE, E.B.F.Capacidad de uso de la tierra en la Cuenca de la Corriente del Lobo, Itatingas, São Paulo, Brasil. Acta Agronômica, Bogotá, Colombia, v. 60, n.4, p. 361-368, 2011.

FRANÇA, G.V. A classificação de terras de acordo com sua capacidade de uso como base para um programa de conservação de solo. In.: CONGRESSO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 1, 1963, Campinas. **Anais**... São Paulo: Secretaria da Agricultura, Divisão Estadual de Máquinas Agrícolas, 1963. p.399-408.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Secretaria de Planejamento da Presidência da República - *Carta do Brasil - Quadrícula de Botucatu*. Escala 1 : 50000, 1973.

LEPSCH, J. F et al. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas, *Soc.Bras.Cienc.do Solo* 200*1.175p.*

PIROLI, E.L. Geoprocessamento na determinação da capacidade e avaliação do uso da terra do município de Botucatu – SP. 2002. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

RODRIGUES, F.M.; PISSARRA, T.C.T.; CAMPOS, S. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica Córrego da Fazenda Glória, Município de Taquaritinga. Irriga, Botucatu, v. 13, n.3, p. 310-322, 2008.

SILVEIRA, G.R.P., CAMPOS, S., GONÇALVES, A.K., BARROS, Z.X., POLLO, R.A. Geoprocessamento aplicado na caracterização da capacidade de uso da terra emu ma area de impórtância agrícola. Energia na Agricultura, Botucatu, v. 30, n.4, p. 363 - 371, 2015.

SOIL SURVEY STAFF. 1975. Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpretating soil survey. USDA, Washington, D.C. 930.

TORRES, J.L.R.; FABIAN, A.J. Levantamento topográfico e caracterização da paisagem para planejamento conservacionista de uma microbacia hidrográfica de Uberaba. *Caminhos da Geografia*, Uberlândia, v. 6, n. 19, p. 150 – 159, 2006.

ZIMBACK, C.R.L., RODRIGUES, R.M. Determinação da capacidade de uso das terras da Fazenda Experimental de São Manuel. Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Departamento de Solos, 1993. 28p. (Mimeografado).

CAPÍTULO 16

FRAGILIDADE AMBIENTAL DO RIBEIRÃO ÁGUA DA LÚCIA – BOTUCATU (SP), VISANDO O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Data de aceite: 03/05/2021

Sérgio Campos
Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, SP
http://lattes.cnpq.br/4147899091047166

Felipe de Souza Nogueira Tagliarini
Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, SP
http://lattes.cnpq.br/7264591365422309

Marcelo Campos
Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Engenharia, Tupã, SP
http://lattes.cnpq.br/0717563036484228

RESUMO: Sistemas de informação geográfica (SIG), juntamente com a técnica de análise multi-critério, permite a padronização e integração de dados, que normalmente comer de várias fontes, permitindo uma avaliação conjunta da mesma, proporcionando mais eficiência e confiabilidade no processo de tomada de decisão para promover a adequação do uso do solo. O presente estudo destinado a analisar a fragilidade ambiental no Ribeirão Água da Lúcia - Botucatu (SP). O uso de um Sistema de Informação Geográfica para a elaboração de mapas de fragilidade: classes de pedologia, declividade, geologia e uso e ocupação do solo. Os fatores foram integrados e interpolados, onde todos receberam as mesmas variáveis de peso na análise e a sobreposição de destes mapas geraram informações da fragilidade ambiental da microbacia. Os resultados mostraram que as classes de fragilidade ambiental alta, média e muito alta merecem maior atenção, uma vez maior atenção, pois representam quase 86% da área, mostrando que mal planejada e se não forem tomadas precauções, essas áreas tendem a ser mais facilmente degradadas.

PALAVRAS-CHAVE: Microbacia, Geoprocessamento, Sistema de Informação Geográfica.

ENVIRONMENTAL FRAGILITY OF STREAM ÁGUA DE LÚCIA - BOTUCATU (SP), AIMING AT SUSTAINABLE DEVELOPMENT

ABSTRACT: Geographic information systems (GIS), along with the multi-criteria analysis technique, allows the standardization and integration of data, which normally eat from several sources, allowing a joint evaluation of the same, providing more efficiency and reliability in the process of making Decision to promote the adequacy of land use. The present study aimed at analyzing the environmental fragility in Stream Água da Lúcia - Botucatu (SP). The use of a Geographic Information System for the elaboration of maps of fragility: classes of pedology, declivity, geology and land use and occupation. The factors were integrated and interpolated, where all received the same weight variables in the analysis and the overlap of these maps generated information on the environmental fragility of the microbasin. The results showed that the classes of environmental fragility high, medium and high very deserve greater attention, once more attention, since they represent almost

86% of the area, showing that poorly planned and if no precautions are taken, these areas tend to be more easily degraded.
KEYWORDS: Microbasin, Geoprocessing, Geographic Information System.

INTRODUÇÃO

As mudanças ambientais vêm ocorrendo devido ao desenvolvimento industrial, crescimento populacional e o desmatamento de vastas florestas, para o uso e exploração do solo sem planejamento, de forma inadequada da terra, sem preocupação de protegê-la contra diversos impactos ambientais e sua capacidade produtiva.

A escolha por uma microbacia como unidade de planejamento ambiental, características de um sistema natural delimitado, de regiões altas, onde se encontram nascentes dos rios, córregos, áreas de encostas e de baixadas e problemas com a água, a solução está diretamente relacionada ao manejo e manutenção (SANTOS, 2004).

A utilização dessas ferramentas da geotecnologia permite fazer uma análise ambiental de forma a entender como essas alterações se comportam no espaço, sendo um dos pontos mais fortes como estudo do ambiente como um todo (PIRES et al., 2012).

As imagens de satélite auxiliam na identificação dos fenômenos naturais ou ação humana e na verificação das áreas com vegetação, diferentes tipos de solo, além de analisar os recursos hídricos, possuindo assim, uma grande vantagem por ter um custo baixo e fácil obtenção e fornecendo informações para resolução de problemas ambientais (SANTOS et al.,1993).

Esse trabalho teve como objetivo identificar e avaliar a fragilidade ambiental da microbacia do Ribeirão água da Lúcia - Botucatu (SP), conforme proposta de Ross (1994), segundo os mapeamentos temáticos e sua inter-relação dos elementos da paisagem, ou seja, visando as probabilidades de uso e ocupação do solo ideal, a fim de ter um planejamento de uso futuro menos impactante.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido na bacia do Ribeirão Água da Lúcia (Figura 1), localizada no Município de Botucatu (SP), por ser uma área muito importante e representativa do município onde a paisagem sofreu uma nítida transformação. A área situa-se geograficamente entre as coordenadas geográficas: 22º 45’ 49” a 22º 49’ 26” de latitude S e 48º 18’ 35” a 48º 21’ 31” de longitude W Gr., abrangendo 1900,06 ha.

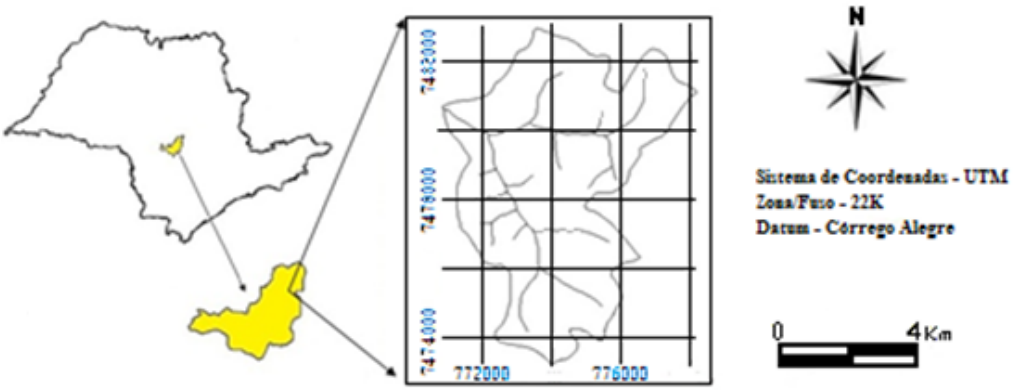


Figura 1. Localização da bacia do Ribeirão Água da Lúcia, Botucatu –SP.

O clima predominante do município, classificado segundo o sistema Köppen é do tipo Cwa – Clima Mesotérmico de Inverno Seco – em que a temperatura do mês mais frio é inferior a 18ºC e do mês mais quente ultrapassa os 22ºC.

A temperatura média anual na região, é de 20,2 ºC, sendo as temperaturas médias dos meses mais quentes de 23,2 ºC e de 16,9 ºC nos meses mais frios.

A precipitação média anual está ao redor de 1.447 mm, ocorrendo uma precipitação média no mês mais chuvoso e mais seco, respectivamente, de 223,4 mm e 37,8 mm.

Para a análise da imagem de satélite de 2011 utilizou-se o software IDRISI juntamente com as imagens de satélite digital, bandas 3,4 e 5 do Sensor TM do LANDSAT 5, da órbita 220, ponto 56, quadrante A e passagem de 2011.

A carta de solos da microbacia foi extraída da Carta de Solos de Botucatu (Piroli, 2002), em escala 1:50000.

Os solos (Piroli, 2002) ocorrentes na área foram classificados como: Neossolo Quartzarênico órtico (RQótípico), Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVAd) e Gleissolo Háplico (GXbd).

Os pontos de controle (coordenadas) para o georreferenciamento e os pontos de máxima altitude para digitalização do limite da microbacia tiveram como base cartográfica a Carta Planialtimétrica, editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE em 1969, folha de Botucatu (SF-22-R-IV-3), em escala 1:50000, com distância vertical entre curvas de 20 m. A conversão dos dados vetoriais em imagem raster e o seu processamento foi realizada com auxílio do Sistema de Informações Geográficas – Idrisi Selva, bem como a determinação do mapa de declividade da microbacia.

O contorno da área da microbacia foi realizado manualmente na Carta Planialtimétrica editada pelo IBGE (1969), segundo os pontos mais elevados de altitude que delimitam a área, tendo-se como base a definição de Rocha (1991).

O mapa de solos foi obtido a partir do mapa de solos do Município de Botucatu (Piroli, 2002). A partir deste mapa, foi feita a scannerização da área referente à microbacia, sendo importado para o software Idrisi Selva pelo módulo *File/Import* num formato passível de entrada, sendo posteriormente georreferenciado.

As diferentes classes de solo foram digitalizadas e, posteriormente, foram indicados os nomes de cada área, associados aos seus respectivos identificadores. As áreas e as porcentagens de cada classe de solo foram determinadas através do comando *Area* do menu *Database Query* pertencente ao módulo *Analysis*.

As curvas de nível com equidistância vertical de 20m foram obtidas a partir das cartas topográficas, nas quais foram convertidas do formato analógico para o digital, através do scanner.

As classes de declive foram obtidas através da digitalização e identificação das curvas conforme os valores de suas altitudes pelo Software Idrisi Selva, para realização da interpolação das curvas de nível, pelo módulo *TIN interpolation.* Em seguida, fez-se o cálculo de declives no módulo *surface* e finalmente usando-se o módulo de reclassificação de valores, *reclass*, os valores interpolados foram agrupados nos intervalos de classes de declividade de 0-0-6, 6-12, 12-20, 20-30 e >30%. O mapa de declividade foi executado a partir do modelo digital de elevação segundo as classes de declive utilizadas para conservação do solo preconizadas pela Soil Survey Staff (1975).

Através do *SIG IDRISI Selva* foi elaborada uma composição colorida com a combinação das bandas 3, 4 e 5, obtida a partir da imagem de satélite digital, bandas 3, 4 e 5 do sensor *Thematic Mapper* do LANDSAT – 5, da órbita 220, ponto 76, quadrante A, passagem de 2011, escala 1:50000, pois esta apresenta uma boa discriminação visual dos alvos, possibilitando a identificação dos padrões de uso da terra de maneira lógica.

Esta composição apresenta os corpos d'água em tons azulados, as florestas e outras formas de vegetações em tons esverdeados e os solos expostos em tons avermelhados. A seguir, foi realizado o georreferenciamento da composição, utilizando-se para isso do módulo *Reformat/Resample do SIG – IDRISI Selva*, sendo os pontos de controle obtidos nas cartas planialtimétricas, utilizando o sistema de coordenadas planas, projeção UTM, datum Córrego Alegre, bem como dois arquivos de pontos de controle, sendo o primeiro da imagem digital e o outro das cartas. Foram determinadas as coordenadas de cada ponto e com estes dados foi feito um arquivo de correspondência, através do comando *Edit* do menu *Database Query,* presente no módulo *Analysis.* Após o georreferenciamento, foi feito o corte, extraindo-se apenas a área de estudo da microbacia. A classificação supervisionada foi realizada, buscando diferenciar os alvos com radiâncias semelhantes. Após a elaboração do mapa de uso do solo, as áreas foram determinadas com o auxílio do *software SIG – IDRISI Selva,* utilizando-se do comando *Area* do menu *Database Query*, pertencente ao módulo *Analysis*, sendo posteriormente determinadas as porcentagens de cada classe.

Para a elaboração do mapa de Fragilidade Ambiental, posteriormente os mapas de pedologia, declividade, geologia e uso e ocupação dos solos foram agrupados e sobrepostos para a obtenção do mapa de fragilidade ambiental da micreobacia do Ribeirão Água da Lúcia, seguindo as recomendações propostas por Ross (1994) e Crepani et al. (2001). A hierarquia das classes de fragilidade foi feita conforme Ross (1994) que estabeleceu as classes: Muito Baixa, Baixa, Moderada, Alta e Muito Alta, de acordo com a classe de fragilidade. Para cada uma das classes, atribuiu-se um peso indicando o nível de risco, o qual foi a base para a álgebra de mapas (Tabela 1).

Classes de Fragilidade	Peso
Muito Baixa	1
Baixa	2
Moderada	3
Alta	4
Muito Alta	5

Tabela 1. Classes hierárquicas da fragilidade ambiental (Ross, 1994).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fragilidade do ambiente natural e não natural a partir da inter-relação dos elementos da paisagem, como a pedologia, geologia, declividade e uso e ocupação da terra associada a análise multicritérios permite determinar a fragilidade ambiental da microbacia segundo classes hierárquicas de fragilidade ambiental, pois os fatores físicos são os principais constituintes de uma microbacia e para compreender a dinâmica desta, faz-se necessário compará-los e correlacioná-los obtendo, de forma adaptada, a fragilidade potencial ambiental da referida área de estudo.

Os solos (Figura 1 e Tabela 2) de textura arenosa (Piroli, 2002), RQotípico e PVAd1 abrangendo 1841,31ha (96,91%), são solos que apresentam estruturas frágeis e são susceptíveis a erosão, além de possuírem baixa fertilidade natural, para estes solos a probabilidade de erosão aumenta com a diminuição de sua cobertura vegetal.

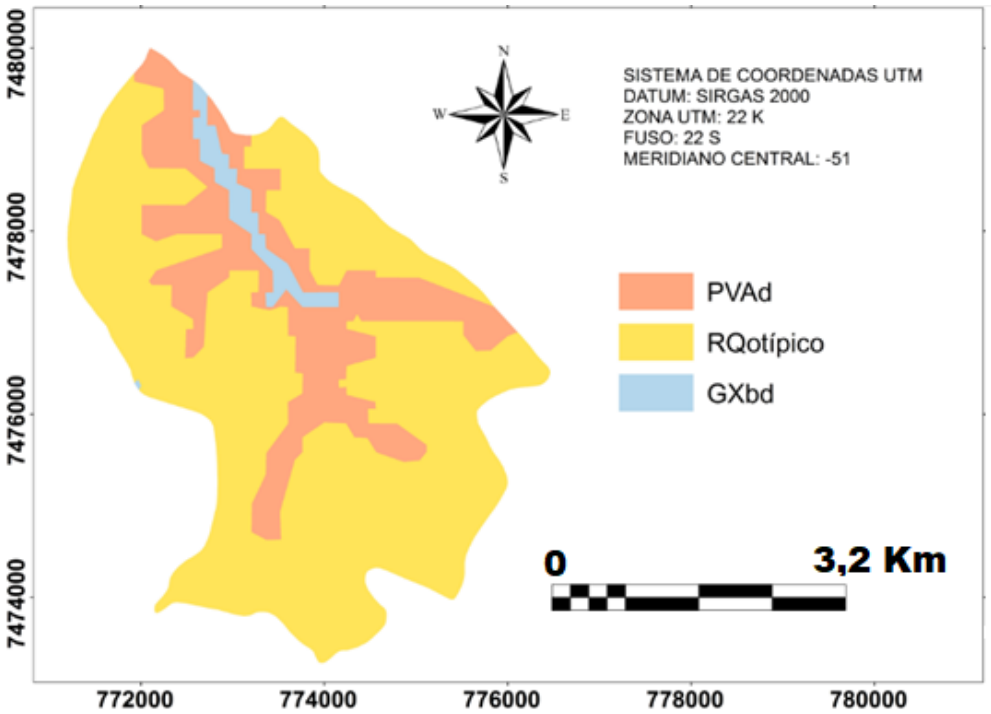


Figura 1. Unidades de solo e fragilidade ambiental da bacia do Ribeirão Água da Lúcia, Botucatu –SP, (PIROLI, 2002).

Unidades de solo	Sigla	Área em relação à microbacia		Fragili-dade Ambi-ental	Pesos
		ha	%		
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	**PVAd**	460,79	24,25	Muito Baixa	1
Gleissolo Háplico TB	**GXbd**	58,75	3,09	Alta	5
Neossolo Quartzarênico Distrófico	**RQotípico**	1380,52	72,66	Muito Alta	5
Total		**1900,06**	**100**		

Tabela 2. Unidades de solo e fragilidade ambiental do Ribeirão Água da Lúcia, Botucatu –SP, (PIROLI, 2002).

O solo hidromórfico, representado pelo GXbd, que está presente em cerca de 58,75ha (3,09%) de área da microbacia, é encontrado em baixadas e no entorno de cursos d'água, geralmente em áreas encharcadas, apresentando baixa fertilidade.

A classe de declive de 0 a 6% (Figura 2 e Tabela 3) com 560,20ha (29,20%) classificadas como relevo plano e suavemente ondulado por Chiarini e Donzeli (1973) e por Lepsch et al. (2001) como áreas destinadas para o plantio de culturas anuais com o uso de práticas simples de conservação do solo, uma vez que o próprio plantio em nível da cultura já controla o processo erosivo do solo.

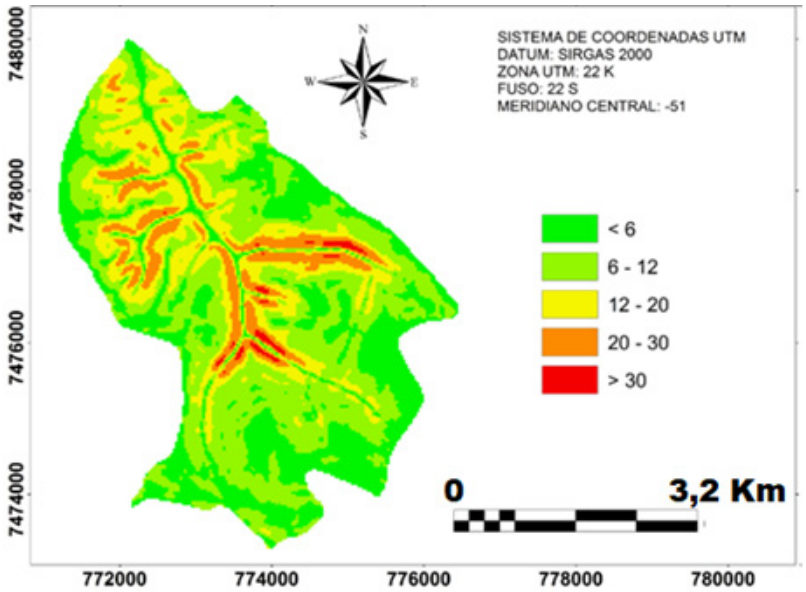


Figura 2. Classes de declividade e fragilidade ambiental do Ribeirão Água da Lúcia, Botucatu – SP.

Classes de Declive %	Relevo	Área em relação à microbacia		Fragilida-de Ambiental	Pesos
		ha	%		
< 6	**Plano e Suavemente Ondulado**	560,20	29,48	Muito Baixa	1
6 – 12	**Ondulado**	784,89	41,31	Baixa	2
12 – 20	**Forte Ondulado**	380,70	20,04	Média	3
20 – 30	**Acidentado**	160,51	8,45	Alta	4
> 30	**Montanhoso**	13,77	0,72	Muito Alta	5
Total		**1900,06**	**100**		

Tabela 3. Classes de declividade e fragilidade ambiental do Ribeirão Água da Lúcia, Botucatu –SP.

As áreas com declividade de 6 a 12 % com 784,89ha (41,31%), relevo ondulado, foram as mais significativas, são indicadas para o plantio de culturas anuais com o uso de práticas complexas de conservação do solo, de acordo com Lepsch et al. (2001).

O relevo forte ondulado (12 a 20%), indicado para culturas permanentes, as quais exigem uma menor mobilização do solo, propiciando menores riscos de erosão como as culturas de café, cana-de-açúcar, pastagens, etc., conforme Lepsch et la. (2001) predominaram em 20,04% (380,70ha)..

Apenas 160,51ha (8,45%) apresentaram relevo acidentado (Chiarini e Donzelli, 1973), ou seja, com declividade de a 20 a 40%, podendo ser utilizado para o desenvolvimento

da pecuária e silvicultura, ou ainda, destinam-se à preservação ambiental, evitando-se dessa maneira a erosão do solo (Lepsch et al., 2001).

O uso e ocupação do solo na microbacia (Figura 3 e Tabela 4) está associado principalmente com a cana-de-açúcar que vem abrangendo 667,47ha (35,13%) e o reflorestamento com 696,09ha (36,64%). Essas classes de uso do solo por reflorestamento são utilizadas de modo comercial, ou seja, para extração de celulose, enquanto que a cultura da cana-de-açúcar é utilizada para produção de álcool e açúcar em alguns casos. Estas requerem um cuidado especial no manejo do solo, visando minimizar os impactos positivos e maximinizar os positivos referentes às classe de ocupação do solo. Assim, as práticas conservacionistas são de fundamental importância na contenção dos processos erosivos de degradação da qualidade da terá (ROSS, 1994).

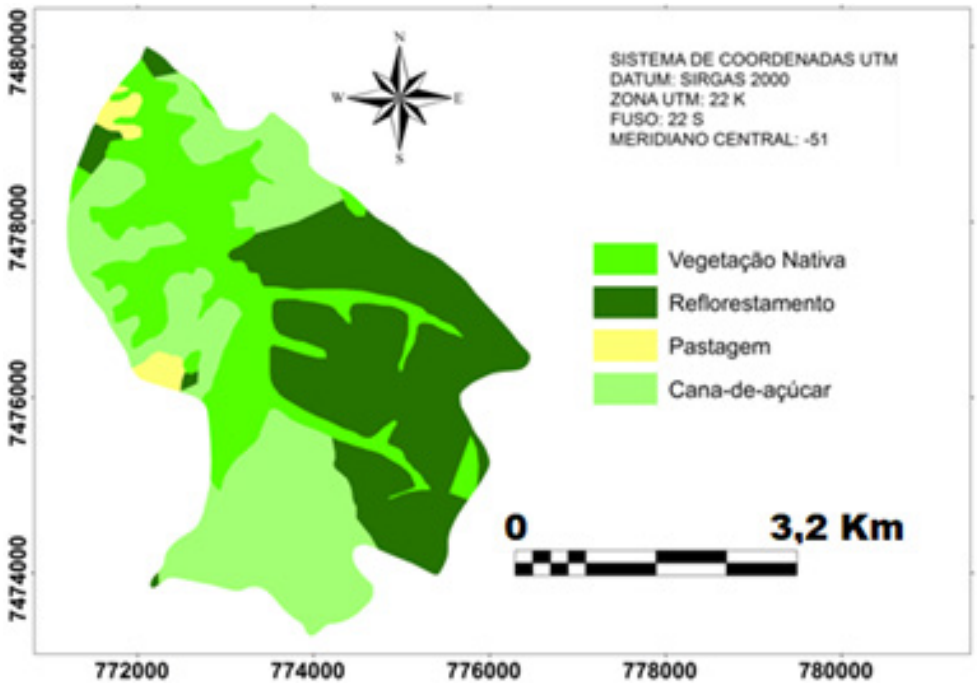


Figura 3 – Classes de uso e ocupação do solo e fragilidade ambiental do Ribeirão Água da Lúcia - Botucatu (SP).

Usos	Área		Fragilidade Ambiental	Pesos
	ha	%		
Vegetação Nativa	501,43	26,39	Baixa	1
Reflorestamento	696,09	36,64	Moderada	3
Pastagem	35,07	1,85	Alta	4
Cana-de-açúcar	667,47	35,13	Alta	4
Total	**1900,06**	**100**		

Tabela 4 – Classes de uso e ocupação do solo e fragilidade ambiental do Ribeirão Água da Lúcia - Botucatu (SP).

A vegetação nativa também possui uma grande abrangência dentro da área da microbacia com 501,43ha (26,39%), sendo a terceira em ordem de ocorrência.

A microbacia é composta geologicamente por rochas de Depósitos Aluvionários e Terciários e Formação Pirambóia (Figura 4 e Tabela 5), sendo que os Depósitos Terciários abrangem mais de 80% da área, enquanto que a Formação Pirambóia situada nas partes mais baixas com 304,82 há (16,04%), segundo Crepani et al., (2001) é constituída principalmente por arenitos.

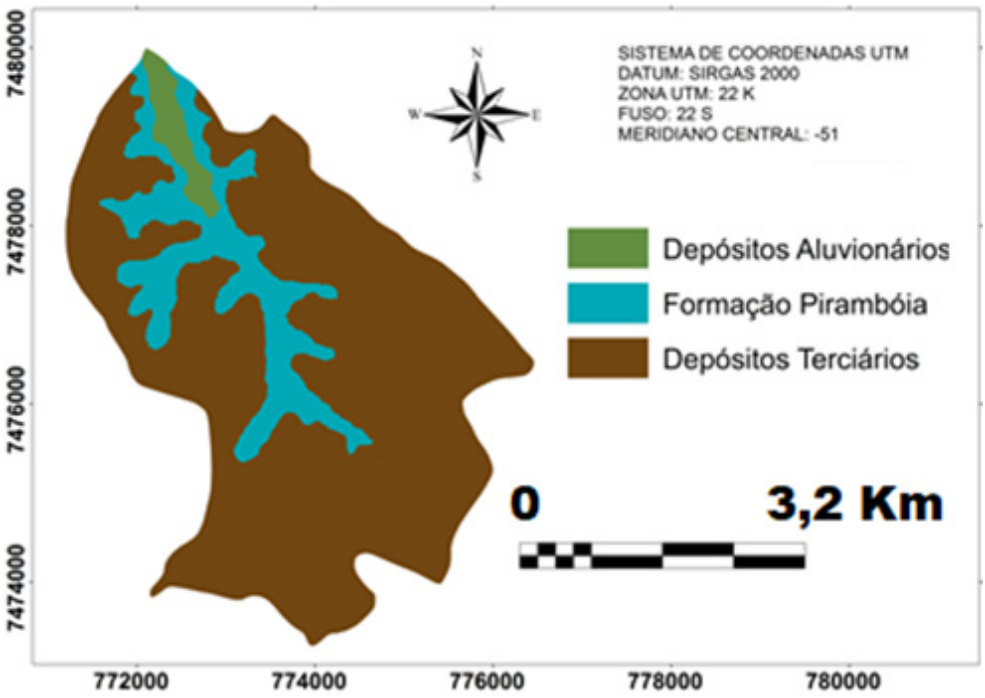


Figura 4 – Geologia e fragilidade ambiental do Ribeirão Água da Lúcia - Botucatu (SP).

Classes de Geologia	Área (ha)	Área (%)	Fragilidade ambiental	Pesos
Depósitos Aluvionários	53,73	2,83	Muito alta	5
Formação Pirambóia	304,82	16,04	Baixa	2
Depósitos Terciários	1541,51	81,13	Muito alta	5
Total	**1900,06**	**100**		

Tabela 5 – Geologia e fragilidade ambiental do Ribeirão Água da Lúcia - Botucatu (SP).

A fragilidade ambiental da microbacia do Ribeirão Água da Lúcia (Figura 5 e Tabela 6) classificada como alta vem predominando numa área de 6798,54ha (66,24%), pois grande parte desta é composta por relevo forte ondulado e acidentado e Neossolo Quartzarênico Distrófico, que possui fragilidade muito alta devido as suas características físicas; além do uso do solo por reflorestamento que possui fragilidade moderada.

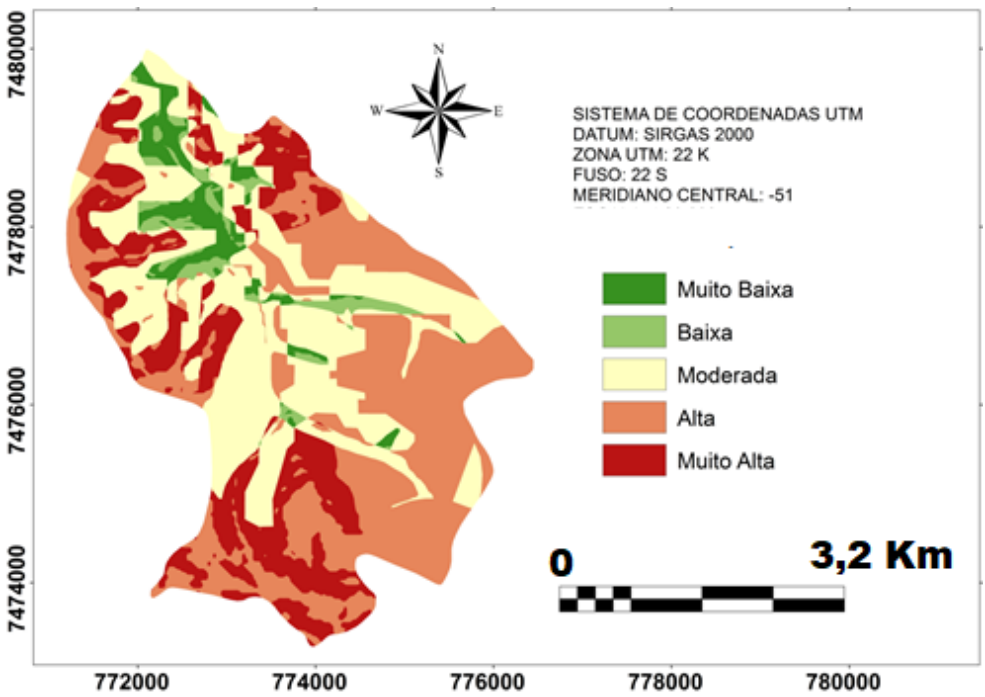


Figura 5 – Fragilidade ambiental do Ribeirão Água da Lúcia - Botucatu (SP).

Classes de fragilidade	Área (ha)	Área (%)	Pesos
Muito Baixa	152,25	8,01	1
Baixa	114,30	6,02	2
Média	514,08	27,06	3
Alta	722,21	38,01	4
Muito Alta	397,22	20,91	5
Total	**1900,06**	**100**	

Tabela 6 – Fragilidade ambiental do Ribeirão Água da Lúcia - Botucatu (SP).

A classe Muito Alta apresentou uma área total de 397,22ha (20,91%), pois está relacionada principalmente com as declividades mais acentuada e relevo forte ondulado que possuem classe média, além do solo RQotípico que possui fragilidade muito alta e do uso do solo por pastagem que possui fragilidade alta.

CONCLUSÃO

A microbacia do Ribeirão Água da Lúcia – Botucatu (SP) apresentou fragilidade ambiental alta, pois por ser uma classe que classe composta principalmente de relevo forte ondulado, de Neossolos e por pastagem.

As classes de fragilidade ambiental Alta, Média e muito alta merecem uma maior atenção, pois representam quase 86% da área, mostrando que mal planejada e se não forem tomadas precauções, essas áreas tendem a ser mais facilmente degradadas.

REFERÊNCIAS

MOREIRA, K.F; BARROS, Z.X. **SIG aplicado na análise do conflito de uso da terra em áreas de preservação permanentes numa microbacia**. Pesquisa Aplicada &Agrotecnologia,v.3, n.2. p 64, 2010.

CHIARINI, J.J., DONZELLI, P.L. Levantamento por fotointerpretação das classes de capacidade de uso das terras do Estado de São Paulo. **Bol.Tec.Inst.Agron**., Campinas, n.3, p.1-29, 1973.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. DE; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. 2001. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos. SAE/INPE.(INPE-8454-RPQ/722).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta topográfica**: folha de Botucatu (SF-22-R-IV-8) Serviço gráfico do IBGE, 1969. Escala 1:50.000.

PIRES, E. V. R.; SILVA, R. A.; IZIPPATO, F. J; MIRANDOLA, P. H. Geoprocessamento Aplicado a Análise do Uso e Ocupação da Terra para Fins de Planejamento Ambiental na Bacia do Córrego Prata – Três Lagoas (MS). **Revista Geonorte**, v.2, n.4, p.1528–1538, 2012.

LEPSCH, J.F. et al. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas, **Soc.Bras.Cien.do Solo**, 2001.175p.

PIROLI, E.L. **Geoprocessamento na determinação da capacidade e avaliação do uso da terra do município de Botucatu – SP**. 2002. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

ROCHA, J.S. M. da. 1991. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. ed. UFSM, Santa Maria, RS. 181p.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 63-74, 1994.

SOIL SURVEY STAFF. **Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpretating soil survey**. USDA, Washington, D.C., 1975. 930p.

CAPÍTULO 17

MAPEAMENTO DE VOÇOROCAS NO CINTURÃO VERDE DE ILHA SOLTEIRA (SP)

Data de aceite: 03/05/2021
Data de submissão: 05/02/2021

Adriano Souza
UNESP, Ilha Solteira
http://lattes.cnpq.br/9803426672221802

Artur Pantoja Marques
UNESP, Ilha Solteira
http://lattes.cnpq.br/7547159209899887

Amandio José Cabral D'Almeida Júnior
Universidade Brasil, Fernandópolis

RESUMO: A intensa exploração do meio ambiente trouxe conseqüências negativas ao solo, áreas agrícolas e ocupações residências em áreas de risco, desmatamento não controlado, entre outros fatores contribuíram para uma continua e incansável degradação ambiental. A degradação do solo levou ao aparecimento de voçorocas, que provem do transporte de material sedimentar do solo para depósitos sedimentares, aparecendo assim grandes fendas no solo. As voçorocas podem causar grandes danos ao meio ambiente e também ao meio antrópico, e é por este motivo, que cada vez mais, estão sendo criados projetos que visam à recuperação de áreas degradadas e a preservação de áreas ambientais. Este trabalho teve como objetivos: identificar, localizar, levantar e cadastrar as voçorocas existentes na Área do Cinturão Verde do município de Ilha Solteira (SP). O levantamento foi feito por meio de uma ferramenta computacional, o *Google Earth*, em sua versão gratuita. Com o programa, que trabalha com fotos de satélite de grande precisão, foi possível desenvolver todo o trabalho, o qual permitirá nas próximas pesquisas planejar e desenvolver campanhas de campo, com fotos, medidas e coleta de amostras *in situ*. Respeitando a precisão das fotos dividimos as voçorocas em dois grupos: (a) Voçorocas, e (b) Prováveis formações de voçorocas, sendo identificadas nove ocorrências do primeiro grupo e dezesseis do segundo, para as quais se determinaram as coordenadas e o comprimento, complementados por uma foto de satélite para melhor visualização.
PALAVRAS-CHAVE: Erosão, Degradação do solo, Georreferenciamento, Meio Ambiente.

MAPPING OF GULLY EROSION IN THE GREEN BELT OF ILHA SOLTEIRA (SP)

ABSTRACT: The intense exploitation of the environment brought negative consequences to the soil, agriculture areas and residential occupations in risk areas, uncontrolled deforestation, other factors contributed to a continuous and tireless environmental degradation. The degradation of the soil led to the appearance of gullies, which come from the transport of sedimentary soil material for sedimentary deposits, thus appearing large cracks in the soil. The gullies can cause great damage to the environment and also to the anthropic environment, and it is for this reason that. more and more, projects are being created that aim at the recovery of degraded areas and the preservation of environmental areas. This study had as objectives: to identify, locate, survey and register the existing gullies in the Green Belt

Area of Ilha Solteira city (SP). The survey was done using a computational tool, Google Earth, in its free version. With the program, which works with highly accurate satellite photos, it was possible to develop all the work, which will allow in the next researches to plan and develop field campaigns, with photos, measurements and sample collection *in situ*. Respecting the accuracy of the photos, we divided gullies into two groups: (a) Gullies, and (b) Probable gullet formations with nine occurrences of the first group and sixteen of the second being inditified, for which were determined as coordinates and length, complemented by a satellite photo for the best view.
KEYWORDS: Erosion, Soil degradation, Georeferencing, Environment.

INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural e finito e a sua degradação é um dos problemas mais críticos a ser superado. Sulcos, ravinas e voçorocas correspondem à formação de pequenos a grandes buracos de erosão causados pela chuva e intempéries, em solos onde a vegetação é escassa e não mais protege a sua superfície, deixando-o suscetível ao carreamento por enxurradas. Ocorrem praticamente em todo o Brasil e geralmente estão associados: ao uso do solo, ao substrato geológico, ao tipo de solo, às características climáticas, hidrológicas e ao relevo. O desenvolvimento das ravinas e voçorocas é geralmente atribuído a mudanças ambientais induzidas pelas atividades humanas (ALVES *et al.*, 2008).

Erosões como as voçorocas podem chegar a vários metros de comprimento e de profundidade, dependendo da propensão do solo em erodir. Solos mais arenosos tendem a sofrer mais com a erosão, e a agressividade do processo erosivo está atrelada a declividade da região e a intensidade das chuvas. As regiões desmatadas são áreas de alta propensão ao aparecimento de sulcos, ravinas e voçorocas. Sobre isso, Ferreira *et al.* (2007) afirma que: “as voçorocas são consideradas um dos piores problemas ambientais em áreas de rochas cristalinas nas regiões tropicais de montanha onde são frequentes e podem alcançar grandes dimensões”.

No Estado de São Paulo, os trabalhos desenvolvidos pelo DAEE e pelo IPT mostram que a predominância de erosões lineares está associada aos arenitos com cimentação carbonática, pertencentes às formações Marília e Adamantina do Grupo Bauru. As formações areníticas Caiuá, Santo Anastácio, Pirambóia e Botucatu apresentam menores concentrações de ocorrências erosivas por unidade de área (BACELLAR, 2006).

O objetivo deste trabalho é mapear as voçorocas do Cinturão Verde do Município de Ilha Solteira (SP) de maneira remota, identificando, localizando e cadastrando-as em mapas digitais, montados com fotos de satélites e disponível na rede social. Trata-se da primeira etapa de um projeto de pesquisa em desenvolvimento por um grupo de docentes do Departamento de Engenharia da Unesp de Ilha Solteira.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado de modo remoto com a utilização de um computador conectado a uma rede de banda larga. O programa *Google Earth*, encontrado no site http://www.googleearth.com, em sua versão gratuita, gerou os mapas digitais de alta resolução a partir de fotos de satélite que tiveram sua última atualização no dia 11/03/2016. A captura dos pontos de erosão foi feita visualmente, e quando encontradas foram locadas em mapa georreferenciado do Cinturão Verde da Cidade de Ilha Solteira (SP), classificando-as em voçorocas ou erosões.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a utilização do programa *Google Earth* foi possível procurar e encontrar voçorocas na área do Cinturão Verde de Ilha Solteira (SP).

Como no programa utilizado é apenas possível analisar a vista superior do terreno, não tendo tanta precisão na medida da profundidade, alguns processos erosivos podem ser confundidos com voçorocas, portanto alguns erros podem ser cometidos. Para controle da precisão do método se fez uma visita de campo em cada ponto registrado, onde se realizou uma classificação *in situ*.

Antes da realização deste trabalho a equipe foi calibrada, ou seja, foram feitos exaustivos levantamentos com o *Goggle Earth* no município de Selvíria (MS), seguido da visita de campo, para apurar o índice de acertos. Cabe ressaltar que este procedimento é de extrema importância e refino ao se utilizar as imagens de satélite fornecidas pelo programa, pois com este treinamento foi possível diminuir os erros de 15% a 5%.

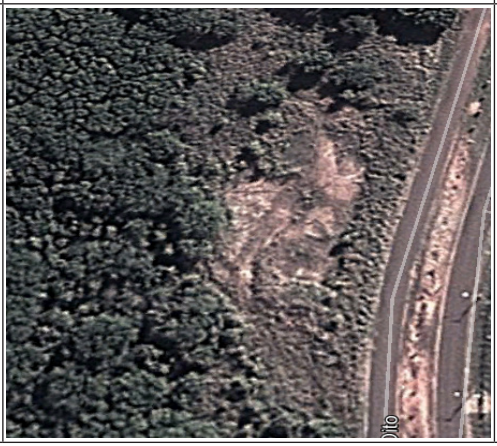
No trabalho foram encontradas 9 voçorocas e 16 prováveis formações de voçorocas, classificadas como “Erosão”. Para localizá-las foi posto um marcador no centro da voçoroca onde se demarcou suas coordenadas, e para medir seu comprimento foram tomados os pontos mais distantes. Estas informações estão disponibilizadas na Tabela 1.

Item	Ocorrência	Latitude	Longitude	L (m)
1	Erosão	20°23’18.68”S	51°20’34.37”O	25
2	Erosão	20°23’01.19”S	51°20’05.92”O	35
3	Voçoroca	20°23’09.30”S	51°20’00.20”O	48
4	Voçoroca	20°23’23.25”S	51°20’28.83”O	36
5	Erosão	20°23’31.10”S	51°20’19.07”O	17
6	Erosão	20°23’28.52”S	51°20’18.03”O	17
7	Voçoroca	20°23’34.01”S	51°20’16.07”O	25
8	Voçoroca	20°23’40.93”S	51°20’02.04”O	142
9	Voçoroca	20°23’49.61”S	51°19’52.92”O	290
10	Erosão	20°22’55.77”S	51°19’58.83”O	55
11	Erosão	20°24’03.10”S	51°19’37.12”O	53
12	Erosão	20°24’22.55”S	51°20’14.41”O	80
13	Erosão	20°24’44.14”S	51°19’53.34”O	48
14	Erosão	20°23’50.03”S	51°20’04.22”O	44
15	Voçoroca	20°23’54.27”S	51°20’28.92”O	138
16	Erosão	20°23’33.65”S	51°20’45.85”O	50
17	Erosão	20°23’23.75”S	51°21’30.29”O	48
18	Voçoroca	20°23’56.24”S	51°20’23.30”O	100
19	Voçoroca	20°24’23.72”S	51°21’2.34”O	91
20	Erosão	20°24’31.00”S	51°21’4.65”O	96
21	Erosão	20°24’43.57”S	51°21’5.95”O	40
22	Erosão	20°24’44.96”S	51°21’24.97”O	25
23	Erosão	20°24’57.54”S	51°20’38.80”O	53
24	Erosão	20°25’2.74”S	51°21’4.09”O	84
25	Voçoroca	20°26’20.77”S	51°20’30.39”O	73

L: comprimento da voçoroca

Tabela 1. Ocorrência, localização e comprimento das voçorocas.

Fonte: Arquivo pessoal.

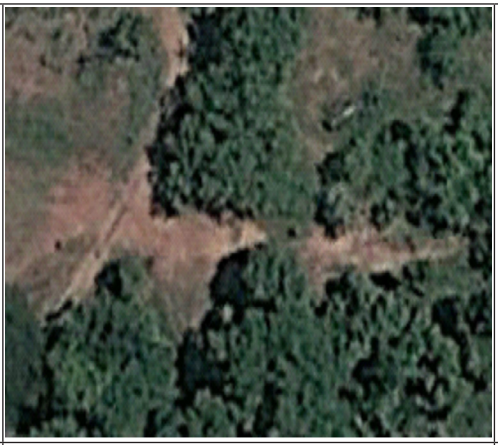
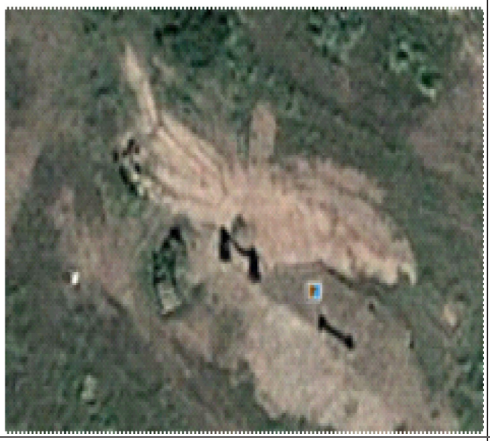
Item	Foto	Ocorrência	Visita de Campo
1		Erosão	**Erosão**
2		Erosão	**Erosão**
3		Voçoroca	**Voçoroca**

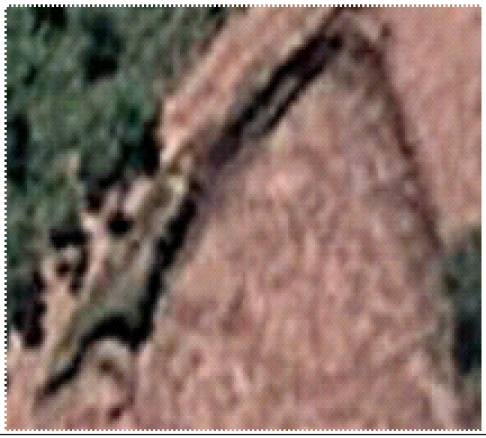
4		Voçoroca	**Voçoroca**
5		Erosão	**Erosão**
6		Erosão	**Erosão**

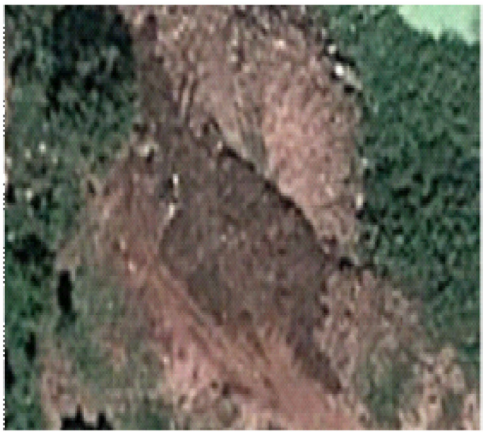
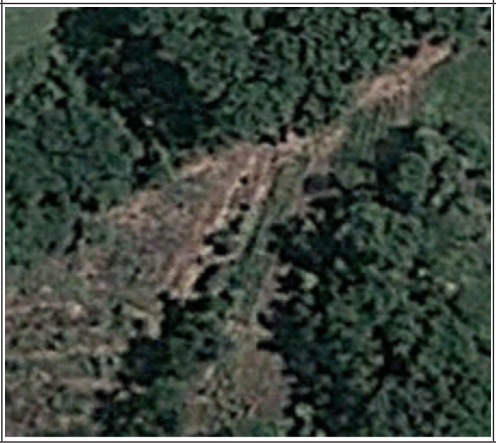
7		Voçoroca	**Voçoroca**
8		Voçoroca	**Voçoroca**
9		Voçoroca	**Voçoroca**

10		Erosão	**Erosão**
11		Erosão	**Erosão**
12		Erosão	**Erosão**

13		Erosão	**Erosão**
14		Erosão	**Erosão**
15		Voçoroca	**Voçoroca**

16		Erosão	**Erosão**
17		Erosão	**Erosão**
18		Voçoroca	**Voçoroca**

19		Voçoroca	**Voçoroca**
20		Erosão	**Erosão**
21		Erosão	**Erosão**

22		Erosão	**Erosão**
23		Erosão	**Erosão**
24		Erosão	**Erosão**

25		Voçoroca	**Voçoroca**

Tabela 2. Informações e fotos das erosões.

Fonte: GOOGLE EARTH (2016).

CONCLUSÕES

Da pesquisa podemos concluir que:

(a) Os problemas oriundos das voçorocas são diversos, e seus danos podem gerar altos custos nas áreas rurais e urbanas.

(b) Iniciado o processo erosivo, que tende a ser progressivo, é importante e necessário que estudos regionais sejam realizados, com o intuito de identificar, analisar e propor as melhores formas de prevenir ou recuperar as áreas erodidas.

(c) Foram evidentes as erosões na área do estudo, permitindo a identificação, localização e cadastramento das mesmas, que foram divididas em voçorocas e erosões.

(d) O índice de acerto foi de 100%, mas neste método ocorre em média 5% de erro.

REFERÊNCIAS

ALVES, R., ROCHA, E., RODRIGUES, S. O. Estudo do desenvolvimento da voçoroca a partir da análise quantitativa e qualitativa de vazão e sedimentos transportados. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 6, Goiania, SINAGEO, UGB, Anais, Goiania, 2006.

BACELLAR, L. A. P. Processos de Formação de Voçorocas e Medidas Preventivas e Corretivas. Viçosa, 2006. 30 slides.

FERREIRA, R. R. M.; FERREIRA, V. M.; TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R. Origem e evolução de voçorocas em Cambissolos na bacia do alto Rio Grande, Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 31, Gramado, Anais, 2007.

GOOGLE EARTH (2016). Disponível em: https://earth.google.com/. Acesso em: 7 mar. 2016.

SOBRE OS ORGANIZADORES

JULIANA THAISA RODRIGUES PACHECO - Possui graduação em Bacharelado em Geografia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2008). Atualmente é doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Estadual de Ponta Grossa, turma de 2018 e participa do Núcleo de Pesquisa Questão Ambiental, Gênero e Condição de Pobreza. Mestre em Ciências Sociais Aplicadas pela UEPG (2013), na área de concentração Cidadania e Políticas Públicas, linha de Pesquisa: Estado, Direitos e Políticas Públicas. Como formação complementar cursou na Universidade de Bremen, Alemanha, as seguintes disciplinas: Soziologie der Sozialpolitik (Sociologia da Política Social), Mensch, Gesellschaft und Raum (Pessoas, Sociedade e Espaço), Wirtschaftsgeographie (Geografia Econômica), Stadt und Sozialgeographie (Cidade e Geografia Social). Atua na área de pesquisa em política habitacional, planejamento urbano, políticas públicas e urbanização.

MAURICIO ZADRA PACHECO - Doutor pela Universidade de Bremen (UniBremen) com trabalho desenvolvido no Instituto Fraunhofer - IFAM (Bremen Alemanha) pelo Programa Ciências sem Fronteiras, Mestre em Gestão do Território pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2009); possui graduação em Administração pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2003) e graduação em Bacharelado em Informática pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (1995). Atualmente é Professor Adjunto da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas de Informação, e desenvolveu estudos nas áreas de Geoprocessamento e Geografia Humana com ênfase na utilização de geotecnologias como ferramentas de auxílio à gestão de território. É supervisor do Projeto de Extensão: Lixo Eletrônico: Descarte Sustentável, da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção 83, 123, 124, 125, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 135

Agricultura 3, 46, 145, 146, 147, 168, 169, 180

Alecrim 136, 138, 139, 140, 142, 143

Apis mellifera 151, 165, 166, 168, 169, 170, 171

Área de Preservação Permanente 26, 27, 33

B

Biomassa 44, 46, 47, 49, 51, 52, 112, 113, 125, 127, 134

Bioquímica 144, 155

Biválvulas 1

C

Carcaças 54, 55, 56, 60

Casca de Arroz 47, 123, 125, 126, 127, 128, 129, 131, 132, 133, 134, 135

Cinza de Casca de Arroz 123, 126, 134, 135

Cinzas de Carvão Mineral 75

Cocos núcifera L. 95

Compostagem 114, 115, 116, 117, 118, 121, 122, 127

Conservação da Biodiversidade 24, 32, 43

Contaminação Ambiental 1, 4, 147, 156

D

Defensivos Agrícolas 164, 165, 168

Degradação do Solo 194

E

Escherichia coli 11, 55, 56, 60

F

Fragmentação Florestal 24, 34

G

Geoprocessamento 172, 173, 180, 182, 192, 193, 207

I

Impactos Ambientais 24, 25, 26, 27, 29, 32, 33, 42, 45, 77, 124, 183

Inoculantes 114, 116, 117, 118, 119, 121

Insetos 28, 136, 137, 146, 147, 148, 149, 150, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 161, 168, 169, 170

M

Marcadores Moleculares 63, 65, 69, 70, 72

Marisqueiras 1, 2, 3, 4, 5, 7, 12, 18, 20, 22

Material Lignocelulósico 44

Meio Ambiente 9, 3, 20, 33, 34, 43, 44, 45, 46, 76, 77, 114, 115, 121, 136, 137, 138, 143, 147, 194

Microbacia 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192

Misturas Asfálticas Densas 75, 77, 92, 93, 94

O

Óleo Essencial 136, 138, 139, 140, 142, 152, 157, 159

P

Paracetamol 123, 124, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135

Polinizadores 165, 168, 169

Puccinia Triticina 63, 64, 71, 73

R

Reator Biológico 114

Recuperação Ambiental 31, 33, 42

Repelente Natural 136, 142

Resíduos Orgânicos 46, 114, 115, 121

S

Salmonella sp. 55, 57, 60

Sedimentos 1, 4, 5, 7, 9, 17, 18, 20, 21, 22, 29, 206

Sistema de Informação Geográfica 182

Suíno 55

T

Translocações Cromossômicas 63, 66, 67

Triticum aestivum 63, 64, 72, 73, 74

U

Uso do Solo 172, 173, 178, 179, 182, 185, 189, 191, 192, 195

Meio Ambiente:
Enfoque Socioambiental e Interdisciplinar

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2021

Meio Ambiente:
Enfoque Socioambiental e Interdisciplinar

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2021